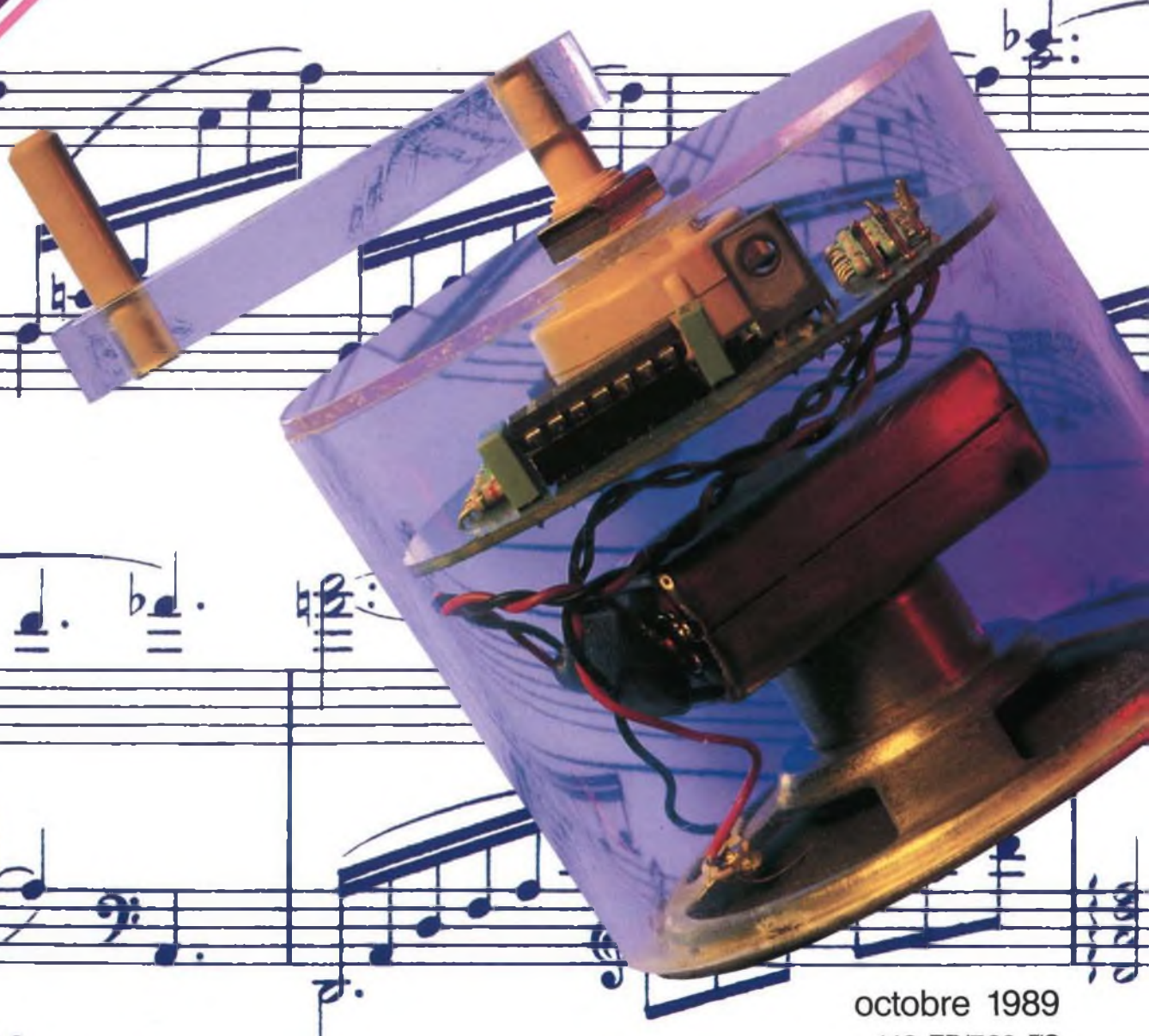
électronique n°15

elex

explorez l'électronique

les oscillateurs



à réaliser :
une boîte à musique
un détecteur de métaux
un récepteur ondes-courtes
un générateur de sinus

octobre 1989
146 FB/7,80 FS
mensuel
M 2510 - 15 - 20,00 F
3792510020001 00150

elex

E · L · E · X
BP 53
59270 BAILLEUL

SOMMAIRE ELEX N°15

R · U · B · R · I · Q · U · E · S

6 · elexprime
31 · elexpert : circuits imprimés
35 · elixir

RÉSI&TRANSI : ça tourne rond
41 · écoute un peu

I N I T I A T I O N

36 · analogique anti-choc 10e épisode
58 · la logique sans hic II n°8

O S C I L L A T I O N S O S C I L L A T E U R S

14 · les multivibrateurs
17 · le 555
24 · pourquoi un oscillateur oscille
32 · la réaction en HF
46 · l'oscillateur Colpitts
49 · six oscillateurs d'un coup

R É A L I S A T I O N S

9 · boîte à musique
12 · injecteur de signaux HF.BF
26 · Atlantis récepteur ondes courtes
42 · détecteur de métaux
52 · générateurs de sinus

Vous avez échappé, dans ce numéro d'ELEX, à une BD sur la réforme de l'orthographe.

« Sur » la réforme ou « pour » la réforme, peut-être ?
Le sens commun nous dit que de la part d'un auteur de bandes dessinées, c'est plutôt à une défense de la réforme qu'il faudrait s'attendre.
Eh bien, non. Yvon a failli monter sur ses grands chevaux pour plaider « contre » la réforme. Lui si amène est devenu irascible, le sujet l'a irrité. S'il l'avait fait, cet épisode de BD contre la réforme, il se serait montré ironique et irrespectueux. Et combatif surtout, pour se battre et combattre, et persifler, quitte à se faire siffler...

Comme s'est battu vaillamment l'élève Doffagne jadis, dès son entrée à l'école, pour compenser un petit déficit naturel en atomes crochus avec l'orthographe, comme nous nous sommes tous battus contre l'imbécillité de règles imbéciles (à moins que ce soit l'imbécilité des règles imbécilles) à propos desquelles nos maîtres s'époumonaient à nous sermonner, comme il a dû se battre aussi ensuite, pas seulement pour l'honneur, dans sa profession honorable de dessinateur de bandes dessinées, contre ceux qui, l'accablant de leur mépris, dénigraient la BD, la qualifiaient de décervelante, de fossoyeuse de la langue et de la culture. Yvon les soupçonne d'être les mêmes qui cherchent maintenant à lui interdire d'écrire, comme il en avait pris l'habitude, « bonhomie » comme « lobotomie ».

Alors Yvon, où restent les coups de tonnerre rageurs de cette BD tonitruante ? Au risque de t'appesantir bruyamment (ou bruiament ou bruillamment), as-tu préféré t'aplatir prudemment ? J'attends les détonations vengeresses qui détonneront dans le style innocent de ce magazine au reste inoffensif.

Pendant que tu les harcèles, permets que je ratelle un peu les allées de mon jardin : on y trouve pêle-mêle des oscillateurs et des (multi-) vibrateurs, ce qui déplaira à ceux qui voudraient n'utiliser le mot *oscillateur* que pour un système produisant des *sinusoïdes*, à l'exclusion de tous les générateurs d'ondes en dents de scie, triangulaires ou rectangulaires. Il est vrai que l'*oscillation* est une variation d'une grandeur électrique, caractérisée par un changement périodique de sens et une constance (oscillation périodique ou entretenue) ou une décroissance continue (oscillation amortie) de l'amplitude maxima à chacune des alternances. Il est vrai qu'il y a le mot *vibration* pour désigner « le mouvement de va-et-vient d'un point matériel déplacé de sa position et qui y est ramené au moyen de forces complexes, analysées au moyen d'une fonction harmonique » (Robert).
Sais-tu ce que permet de mettre en évidence une fonction harmonique ? Des sinusoïdes, bien sûr.
En pratique, où passera la frontière (et qui la gardera ?) entre d'une part ce qui n'est encore que de la distorsion plus ou moins forte d'une onde sinusoïdale « pure » et d'autre part une forme d'onde non sinusoïdale que la nomenclature interdirait d'appeler oscillation ? Admettons plutôt l'usage du terme oscillateur chaque fois que nous aurons un générateur d'auto-oscillations périodiques. Si le principe de l'oscillateur, sa structure et surtout sa forme d'onde jouent un rôle déterminant, on le précisera de toute façon.
Quant à vous, lecteurs, ne vous plaignez pas de ces ratiocinations, car grâce à elles c'est à un édito sur la formation continue des maîtres que vous avez échappé.

PS : les petites annonces d'ELEX, c'est pas pour les chiens !

Selectronic

TEL. 20.52.98.52 - 86 rue de Cambrai BP 513 - 59022 Lille Cedex

LE LEADER DE L'ELECTRONIQUE PAR CORRESPONDANCE

Vous propose en kit les réalisations décrites dans ELEX !

Nos kits ne comprennent que du matériel professionnel pour un fonctionnement sûr. Des supports de circuits intégrés sont fournis si nécessaires. Par contre, le circuit imprimé est à prévoir en sus, ainsi que le coffret éventuel (Consulter notre catalogue général).

	REFERENCE DU KIT	PRIX DU KIT	CIRCUIT IMPRIME A PREVOIR	COFFRET CONSEILLE (EN OPTION)
ELEX n° 1				
Testeur de continuité (avec H.P.)	101.8580	58,00 F	①	RG 2
Sirène de vélo (avec H.P.)	101.8581	70,00 F	①	30 M
Testeur de transistors	101.8582	50,50 F	①	RG 2
Alimentation stabilisée 0 à 15 V (avec 2 galvas)	101.8583	345,00 F	②	EB16/08
Balance pour auto-radio	101.8584	51,00 F		RG 1
Commande de plafonnier	101.8585	41,00 F	①	-
ELEX n° 2				
Gradateur pour lampe de poche	101.8586	20,00 F	①	-
Minuteur de bronzage (avec buzzer)	101.8587	85,00 F	⑫	RG 3
Ressac électronique	101.8588	22,00 F	①	RG 1
Ohmmètre linéaire (avec galva)	101.8589	143,00 F	⑬	RG 3
Gyrophare de modèle réduit	101.8590	32,00 F	⑤	-
Etage d'entrée pour multimètre	101.8591	32,00 F	⑦	RG 2
Chargeur d'accus universel	101.8592	174,00 F	①	EB16/08
Platine d'expérimentation DIGILEX	101.8593	186,00 F	④	RA 2
ELEX n° 3				
Minuterie électronique (avec H.P.)	101.8594	54,00 F	①	RG 2
Testeur de polarité	101.8595	22,00 F	①	RG 1
Arrosage automatique	101.8596	53,00 F	①	RG 2
Décade de résistance	101.8597	165,00 F		EB 21/08
Thermomètre	101.8598	126,00 F	①	RG 3
Décade de condensateurs	101.8599	142,00 F		EB 21/08
ELEX n° 4				
Compte tours (avec galva)	101.8611	123,50 F	①	RG 2
Mini amplificateur TDA 2003	101.8612	38,50 F	①	RG 2
Régulateur de vitesse pour mini-perceuse	101.8613	216,00 F	⑭	RG 4
ELEX n° 5				
Amplificateur de poche "CANARI"	101.8610	36,50 F	①	RG 2
Variateur de vitesse pour caméra	101.8614	65,00 F	①	RG 2
Alimentation universelle	101.8615	184,00 F	②	RG 4
Traceur de courbes pour transistors	101.8616	25,00 F	⑱	20 M
Relais temporisé	101.8617	88,00 F	①	-
Touche à effleurement	101.8618	52,50 F	⑫	RG 3
Testeur de diodes Zener	101.8619	59,00 F	①	RG 2
ELEX n° 6				
Corne de brume pour modélisme	101.8620	32,00 F	①	RG 1
Photomètre électronique	101.8621	53,00 F	①	RG 2
Feux de stationnement	101.8622	62,00 F	①	RG 1
Mini-alarme	101.8623	29,00 F	①	RG 1
Balisage automatique	101.8624	29,00 F	①	RG 1
Bruiteur "DIESEL" pour modélisme	101.8625	26,00 F	⑦	RG 1
ELEX n° 7				
Indicateur de gel	101.8626	28,00 F	①	RG 1
Sirène (avec H.P.)	101.8627	75,00 F	①	RG 4
Lampe de poche pour labo photo (avec boîtier HEILAND)	101.8608	58,00 F	①	
ELEX n° 8				
Ampli pour micro	101.8651	30,00 F	①	RG 2
Régulation train électrique (avec coffret pupitre ESM)	101.8652	248,00 F	⑳	
Ampli "POUCHE-POULE" (avec H.P.)	101.8654	35,00 F	①	RG 2
Métronome (avec H.P.)	101.8655	43,00 F	①	RG 2
ELEX n° 9				
Alim. 12 V / 3A (avec radiateur)	101.8656	275,00 F	①	EB 21/08
Inter à claques	101.8657	70,00 F	⑫	RG 3
Circuit de pontages pour train (avec alim.)	101.8658	210,00 F	⑫	RG 3
ELEX n°10				
Jeu d'adresse (avec alim.)	101.8659	138,00 F	⑫	-
Amplificateur d'antenne FM (avec alim.)	101.8660	152,00 F	⑫	RG 3
Mesureur de champ	101.8661	79,00 F	⑦	RG 2
Récepteur G.O.	101.8662	66,00 F	①	-
Adaptateur Fréquencemètre	101.8663	67,00 F	①	RG 2
Gong à 3 notes	101.8664	85,00 F	①	RG 2
ELEX n° 11				
Chenillard (avec 7 ampoules)	101.8744	187,00 F	⑫	RG 4
Mémoire de sonnerie	101.8745	26,00 F	①	RG 1
Servo-flash	101.8746	53,00 F	⑤	RG 1
Eclairage de modèle réduit	101.8747	119,00 F	⑦	RG 1
LOUPIOPHONE	101.8748	246,00 F	⑫	RG 1 + 4
Allumage de phares	101.8749	30,00 F	⑰	RG 1
Extinction de phares	101.8754	27,00 F	⑬	RG 1
ELEXPOSE	101.8764	87,00 F	①	RG 4
ELEX n° 12				
Roulette électronique	101.8755	59,00 F	①	RG 2
Rossignol électronique	101.8756	45,00 F	⑩	RG 1
Afficheur 7 segments	101.8757	25,00 F	⑨	-
Dé électronique	101.8758	33,00 F	②	RG 1
Minuterie d'escalier	101.8759	95,00 F	①	RG 1
			①	RG 3
"Mets ta ceinture"	101.8762	45,00 F	⑩	RG 1
Testeur de continuité	101.8763	55,00 F	①	RG 1

PRIX PAR QUANTITE : NOUS CONSULTER

CIRCUITS IMPRIMÉS ELEX	REF. SELECTRONIC	PRIX
① Platine n° 1 40 x 100 mm	101.8485	23,00 F
② Platine n° 2 80 x 100 mm	101.8486	38,00 F
③ Platine n° 3 160 x 100 mm	101.8487	60,00 F
④ Platine DIGILEX	101.8488	88,00 F
⑤ Platine EPS 886087	101.8489	47,60 F

COFFRETS EN OPTION : Ces coffrets sont donnés à titre indicatif comme convenant au montage correspondant (voir notre CATALOGUE GENERAL)

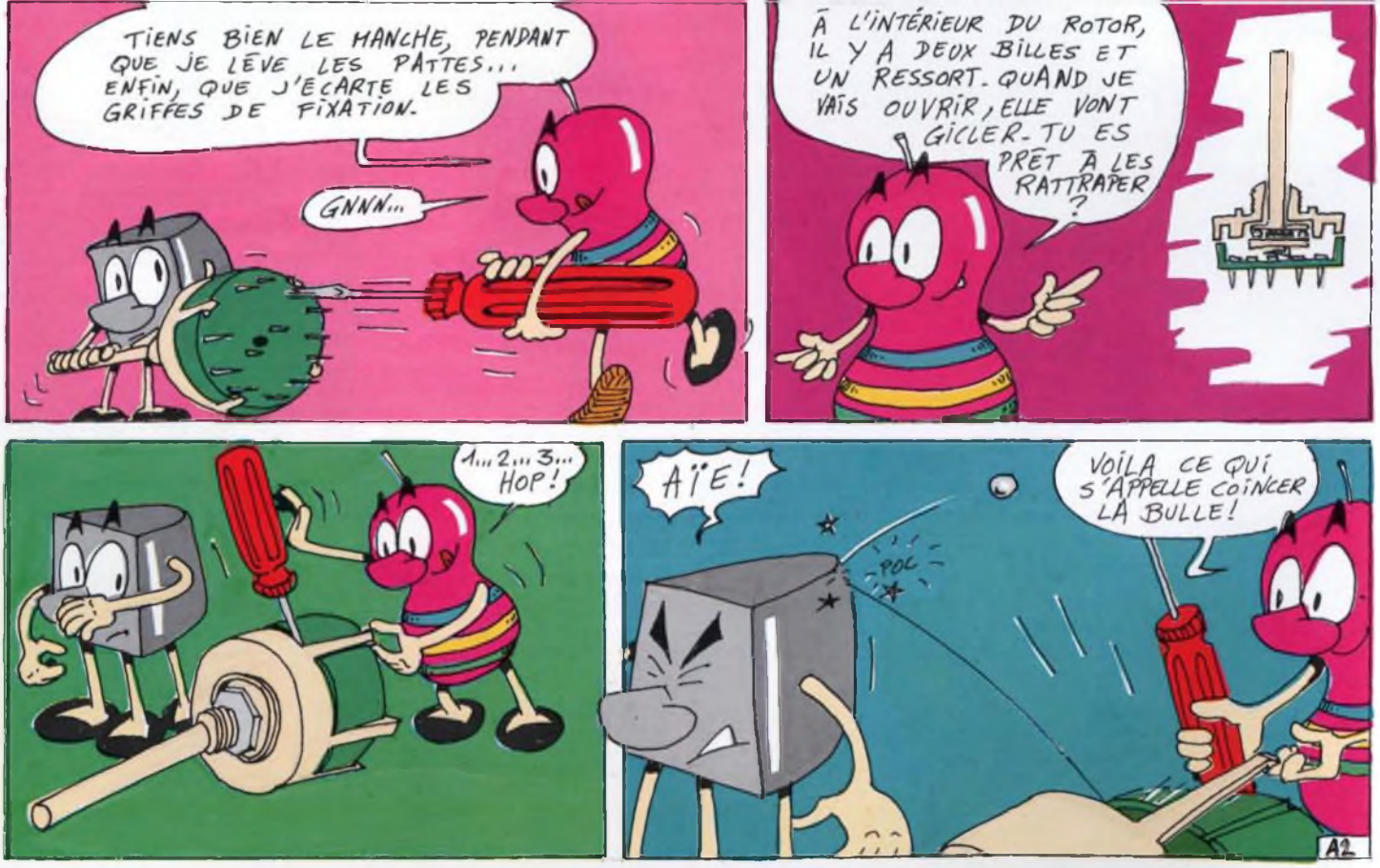
- RG 1	103.7640	23,00 F
- RG 2	103.7632	28,50 F
- RG 3	103.7641	39,00 F
- RG 4	103.7642	52,00 F
- RA 2	103.2303	103,00 F
- 20 M	103.2283	16,20 F
- 30 M	103.2285	27,50 F
- EB 21/08 FA	103.2215	77,40 F
- EB 16/08 FA	103.2211	61,00 F

CONDITIONS GENERALES DE VENTE

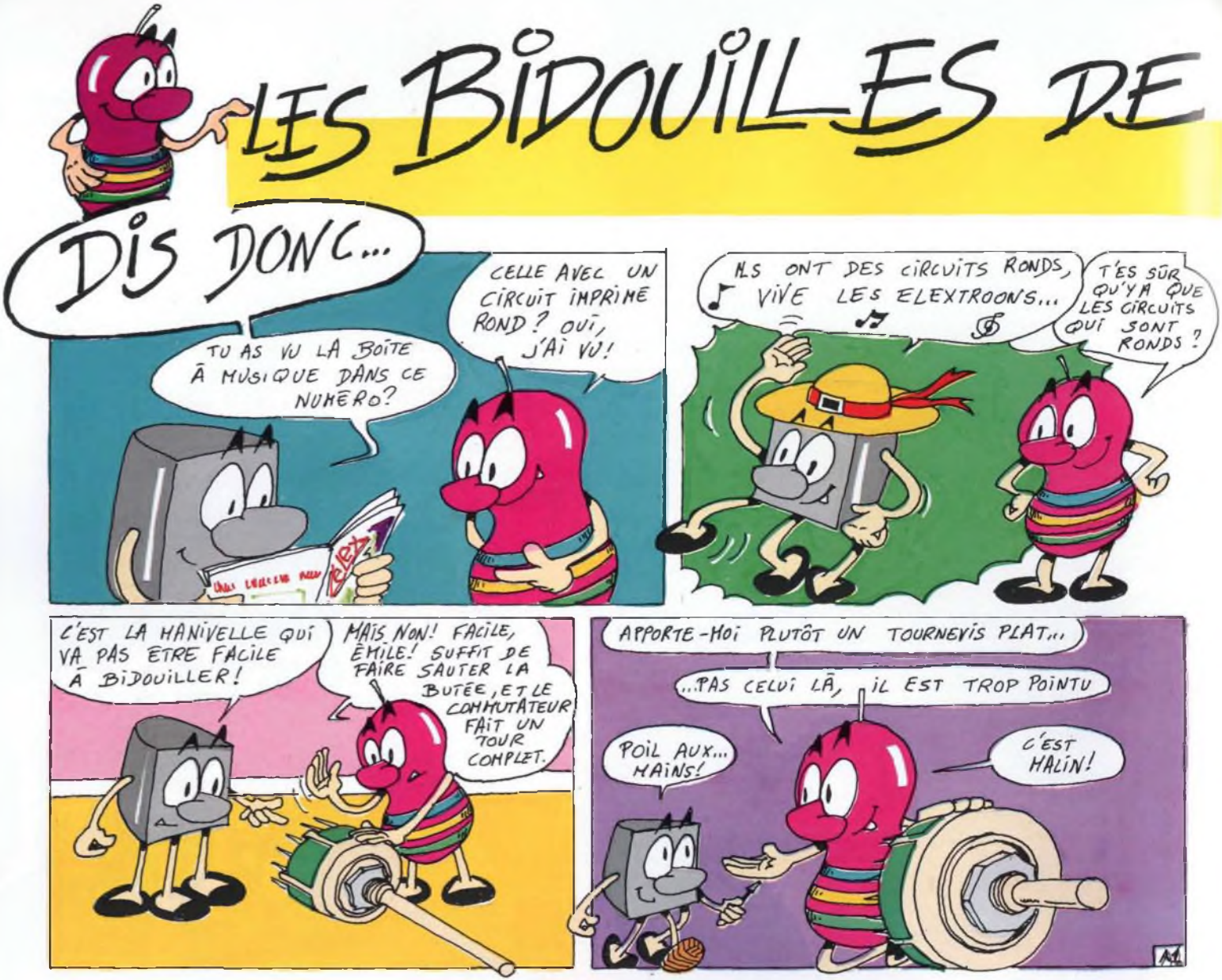
Règlement à la commande : Commande inférieure à 700 F : ajouter 28,00 F forfaitaire pour frais de port et emballage
Commande supérieure à 700 F : port et emballage gratuits.
- **Règlement en contre-remboursement** : joindre environ 20 % d'acompte à la commande. Frais en sus selon taxes en vigueur.
- **Colis hors normes PTT** : expédition en port dû par messageries.

Les prix indiqués sont TTC.

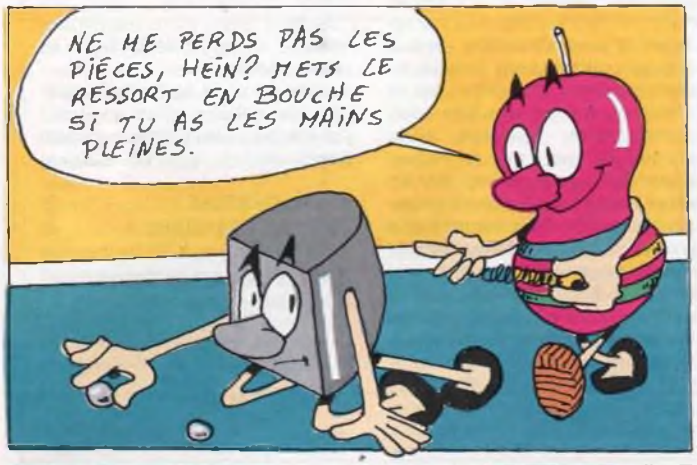
Pour faciliter le traitement de vos commandes, veuillez mentionner la REFERENCE COMPLETE des articles commandés

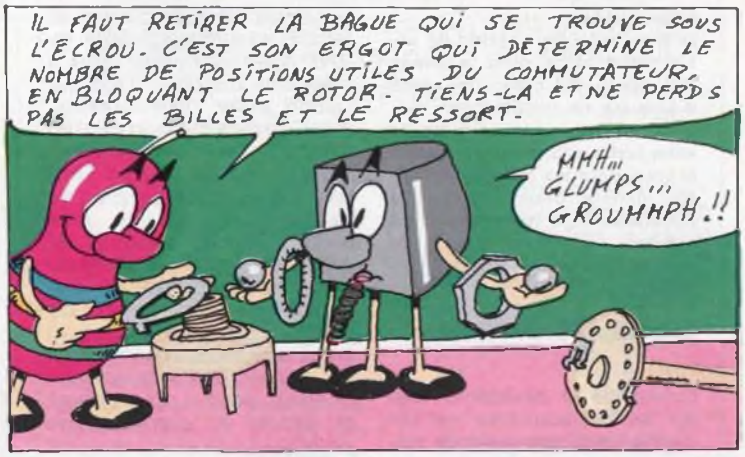

TIENS BIEN LE MANCHE, PENDANT QUE JE LÈVE LES PATTES... ENFIN, QUE J'ÉCARTE LES GRIFFES DE FIXATION.
GNNN...
À L'INTÉRIEUR DU ROTOR, IL Y A DEUX BILLES ET UN RESSORT. QUAND JE VAIS OUVRIR, ELLE VONT GICLER. TU ES PRÊT À LES RATTRAPER ?
1... 2... 3... HOP!
AÏE!
POC
VOILÀ CE QUI S'APPELLE COINCER LA BULLE!
A2

LES BIDOUILLES DE



RESI & TRANSI®





* QUOI ? (NDLR)

Monsieur,
je suis un lecteur assidu de votre revue ELEX dont je pense beaucoup de bien. Je viens d'acquérir un oscilloscope monocourbe et je me permets de vous écrire pour vous demander si vous pourriez m'indiquer cette "astuce pour suppléer la deuxième voie manquante, au moyen de l'entrée de synchronisation" (Elex n°10 page 8).[...]

Alain Alapini 51100 REIMS

L'utilité de la deuxième voie sur les oscilloscopes est de permettre d'apprécier le décalage dans le temps entre deux événements ; autrement dit de connaître la relation de phase entre deux phénomènes. Par exemple si vous voulez connaître le retard entre l'apparition d'une impulsion (front) et le changement d'état d'une bascule, vous visualiserez l'entrée sur une des voies et la sortie sur l'autre. En comptant les carreaux ou fractions de carreaux sur l'écran, puis en multipliant par l'indication de la base de temps, vous connaîtrez le retard. Avec une seule voie, il n'est pas possible d'évaluer l'écart entre deux courbes, mais il est possible d'évaluer l'écart entre la courbe et un point donné de l'écran. Vous allez donc dans un premier temps connecter les deux sondes (entrée verticale et entrée de synchronisation) au signal de commande qui doit vous fournir la référence de temps. Puis vous réglez la synchronisation : front montant ou descendant, alternatif ou continu, niveau, pour obtenir le départ du balayage au point voulu de la courbe. Dès cet instant, vous n'avez plus besoin de voir la courbe pour savoir que la référence de temps est là où vous l'avez fixée, par exemple sur la première ligne verticale du réticule. Vous pouvez placer la sonde sur le signal à étudier, ici la sortie, en laissant la synchronisation en place. Il ne vous reste qu'à compter vos carreaux depuis le bord du réticule comme vous l'auriez fait entre les deux courbes.

Ayant le souci de rendre service à mes collègues en qualité de petit amateur d'électronique et étant retraité, je voudrais vous communiquer quelques idées sorties de mon sac à malice. Exemple : pour éviter les erreurs dans l'emploi des transistors, un code de couleurs facile à réaliser. Pour ce faire, récupérer des segments de gaine isolant des fils électriques et les enfiler sur les pattes du transistor en respectant le code suivant :

base = rouge ; collecteur = jaune ; émetteur = vert
Au cas où vous seriez intéressé par ma collaboration amicale, j'ai d'autres idées dans mon sac à malices.

Marcel DESTRÉE
31580 ST PLANCARD

Des bonnes idées ? Mais bien sûr qu'elles nous intéressent !

Après bien des hésitations je me décide enfin à vous écrire pour vous dire combien je regrette de ne plus trouver de paragraphe du type "dépannage" lorsqu'un circuit ne marche pas. C'est un cas qui se produit très souvent avec nos élèves. Le circuit ne marche pas du premier coup, c'est alors un instant de panique, puis beaucoup de temps perdu pour le non spécialiste en électronique.

Robert GALLIARD
69540 IRIGNY

C'est vrai, nous avons eu tendance à négliger ce détail, merci de nous le rappeler. Il n'y a pas lieu d'hésiter pour signaler ce qui vous déplaît. Dans les numéros à venir, nous nous efforcerons donc de redonner ici et là des informations « préventives ». Voici néanmoins quelques arguments pour notre défense :

- *La rubrique ELIXIR a été conçue pour cela. Consultez-la !*
- *Si vous, lecteurs, nous envoyez le récit (condensé) de vos recherches et dépannages, nous pourrons envisager d'en publier certains pour que tous en profitent, car*
- *le temps passé sur un montage en panne n'est pas « perdu » si l'on sait en tirer la leçon. On ne devient spécialiste que de ce que l'on a appris à connaître de très près, notamment en faisant des erreurs et en cherchant à les corriger.*

Stage agréé de formation
BEATEP électronique et radiocommunications
(Brevet d'État d'Animateur Technicien de l'Éducation Populaire et de la Jeunesse)
organisé au CREPS d'AIX-EN-PROVENCE par
la Direction Régionale de la Jeunesse et des Sports
MARSEILLE
[...]
L'électronique et les radiocommunications tiennent une place de premier ordre dans notre environnement et bénéficient à des fins de vulgarisation scientifique de nombreuses revues spécialisées, souvent d'un niveau technique trop élevé, donc peu propice à favoriser l'initiation. [...] En l'absence hélas trop fréquente de clubs d'électronique fonctionnant régulièrement près de leur domicile, de nombreux jeunes attirés par cette activité tentent à la lecture de quelques articles techniques séduisants de mener à bien isolément quelques réalisations. Souvent une étourderie ou une connaissance insuffisante des techniques mises en oeuvre réduit à l'inaction l'appareil tant convoité. Une passion naissante est alors mise en sommeil faute d'avoir été soutenue par quelques animateurs spécialisés.[...]
La formation s'adresse aux animateurs salariés désireux de se spécialiser, et aux jeunes demandeurs d'emploi. L'accès à la formation BEATEP de stagiaires ayant une expérience professionnelle dans la technique concernée est un facteur déterminant de réussite.

Formation commune : 120 h
Formation pédagogique : 160 h
Stage pratique : 210 h (2 à 4 mois)
Prix (hébergement non compris) 2120 F

N'hésitez pas à adresser vos questions au responsable de cette formation :

Jean-Claude CORBIÈRES
Direction Générale Jeunesse et Sports
7, avenue du Gal Leclerc
13331 MARSEILLE CEDEX 3
Tél.: 91.50.22.23

ELEX salue avec enthousiasme la création de cette formation et la signale volontiers à l'attention de ses lecteurs.

Pour faciliter les contrôles des montages, je souhaiterais que les schémas comportent des repères de tension à différents points (noeuds) du circuit étudié. A titre d'exemple, en testant le chargeur d'accus (ELEX n°2), quelle tension doit-on trouver à la sortie accumulateurs (- à vide s'entend - avec une alimentation 12 V (transfo 2 x 12 = secondaire 15 V → 19 V aux bornes de C1 → 18 V à la sortie !!

J. CHAUCHART
92200 NEUILLY S/SEINE

La question des relevés de mesure n'est pas simple. Nous en donnons, mais cherchons aussi à éviter non seulement de tomber dans l'excès de détail des schémas, mais aussi de focaliser l'attention des lecteurs sur des relevés dont la valeur absolue est bien souvent moins parlante qu'une analyse comparative. L'exemple que vous citez est d'ailleurs une illustration parfaite de ce problème. Les 18 V que vous relevez à vide sont tout à fait normaux (il faut tenir compte du redressement double alternance et de la différence entre valeur de crête et valeur moyenne de la tension ; étudiez à ce sujet les figures 9a, b et c de l'article que vous mentionnez) ; la sortie du chargeur est une source de courant, un relevé de tension n'y a, par définition, pas sa place.

Je vous adresse un dossier concernant un commutateur double trace pour oscillo. La lecture de votre n°13 p.47 m'incite à penser que le circuit que je vous propose est semble-t-il plus performant. Ce commutateur provient [. . .]

PS Le générateur anti-moustique n°13 page 33 fonctionne trop bien ; il fait fuir les moustiques de la chambre. Bien. Mais aussi ma femme. Il faut reconnaître que le petit sifflement audible est assez désagréable dans le silence de la nuit.
Alors cruel dilemme qui choisir ? J'aime bien les femmes surtout au lit, mais pas du tout les moustiques même femelles.

Peut-on sans trop diminuer l'efficacité diminuer la puissance d'émission ; si oui quelles valeurs RC choisir ?

Actuellement la fréquence de base est de 5,263 kHz, puissance inconnue.
D'autre part question piège ; comment peut-on mettre en évidence les harmoniques, sur un oscilloscope bien sûr ?

ROBIN
40000 MONT DE MARSAN

Le dossier décrivant un commutateur double trace pour oscilloscope que vous nous faites parvenir fait état d'une bande passante de 5 MHz. Le nôtre (n°13) annonce modestement 100 kHz. Renseignements pris au laboratoire, nous reconnaissons notre erreur : notre adaptateur peut monter à 200 kHz. Les techniciens affirment, feuilles de caractéristiques et notes de calcul à l'appui, que le circuit intégré 4066 qu'ils utilisent, compte tenu des dispersions et d'un tas de considérations compliquées, ne garantit ***à coup sûr*** *qu'une bande passante de 100 kHz. Ce qu'ils garantissent, c'est que le 4066 ne* ***peut pas*** *passer plus de 500 kHz, et encore, dans des conditions idéales et pour des signaux de très faible amplitude. Pour les faire rire comme ça, il faut que la mention 5 MHz soit due à une faute d'impression. Ça arrive à des gens très bien, la preuve.*
Pour cet anti-moustique, Madame Robin a-t-elle essayé le coton dans les oreilles ? Avez-vous essayé de faire, tous les deux, plus de bruit que l'anti-moustiques ?
Trêve de plaisanterie. Vous pouvez diminuer la puissance en portant à 22 kΩ ou 33 kΩ la valeur de R1, la résistance en série avec le résonateur, sans changer la fréquence d'oscillation de façon notable.

Les harmoniques font partie de toute onde non sinusoïdale. Vous en trouverez un peu plus sur ce sujet dans la description de l'injecteur de signaux HF de ce numéro.

Je m'étais abonné à la revue ELEX, après l'avoir feuilletée, et pensant qu'elle pouvait intéresser et être utile à mon filleul (14 ans). Ce n'a pas été le cas, pour des raisons qui ne vous sont pas toutes imputables. . .
Pour ma part, au milieu d'articles intéressants trop souvent maculés par un humour approximatif, qui rappelle l'almanach Vermot, j'ai été gêné par le ton inutilement provocateur et méprisant, le parti-pris de choquer. Je n'ai rien contre une culture humaniste latine, mais le propre de celle-ci n'est-il pas, comme la culture, de se faire oublier ?, quand elle est bien digérée. . .
A quoi rime l'utilisation du calendrier révolutionnaire ? pourquoi pas celui de l'Hégire. Celui de l'"ab urbe condita" me suffit. Ayant beaucoup pratiqué les revues anglo-saxonnes d'électronique amateur : Electronics, Popular Electronics. . . beaucoup plus dynamiques (et en particulier leurs lecteurs) je n'y ai pratiquement jamais trouvé vos phantasmes et débordements hors du sujet.
Il y avait donc de bonnes choses dans ce créneau difficile, je crois que vous avez gaspillé votre chance du moins en ce qui me concerne, à cause de quelques farfelus sûrement compétents et sympas. . . en privé.

G. MARAVAL
7630 BARBIZON

Analyse grammaticale et sémantique :

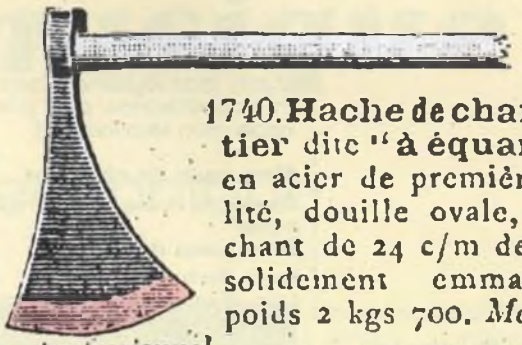
urbe *: ablatif de urbs, urbis, la ville. Avec une majuscule, désigne LA ville, Rome*
ab *: préposition gouvernant l'ablatif. Indique l'éloignement ou un point de départ*
condita *: participe passé ou adjectif à l'ablatif ou au datif féminin singulier. fondé, établi*

traduction : « depuis la création de la ville » ou « depuis la fondation de Rome »

explication : jusqu'à l'époque des premiers empereurs, qui ont ensuite presque tous institué leur propre calendrier, les années étaient comptées dans la Rome antique à partir de la date de la fondation de la Ville.

Bibliographie :
Gaffiot.
De viris illustribus urbis romae (vous connaissez bien l'auteur)
La vie quotidienne à Rome. Maurice Rat.

- je crois que vous êtes hors su jet.
- je le crois aussi.



1740. **Hache de charpentier** dite **"à équarrir"**, en acier de première qualité, douille ovale, tranchant de 24 c/m de long, solidement emmanchée, poids 2 kgs 700. *Modèle de professionnel*..... **7.75**

Lecteur de votre revue depuis le début, j'ai grâce à elle appris beaucoup de choses, et surtout acquis le sens pratique qui me faisait défaut et me permet maintenant de matérialiser la théorie par quelques montages simples. La seule chose que j'oserais peut-être vous suggérer serait de donner à votre initiation une progression plus logique, j'entends par là adjoindre aux articles 'réalisation' d'autres articles qui traiteraient d'une manière simple mais plus systématique du fonctionnement des composants tels que ampli-op, 555, de leurs principales applications.
Le but principal de ma lettre est cependant le suivant : j'envisage la réalisation du détecteur de gel paru dans le n°7 mais l'article semble tronqué et il manque la partie 'réglage'. Pourriez-vous combler cette lacune ?

Alain VEZES
81000 ALBI

* * *

En relisant ces lignes, le rédacteur scrupuleux que je suis s'aperçoit qu'il y manque un détail important : auriez-vous pensé, si je ne vous le signalais pas, à isoler soigneusement les deux connexions de la résistance CTN afin qu'elles ne soient pas mises en court-circuit par l'eau dans laquelle vous les plongez ?
Inutile de répondre.
Prenez de préférence de la colle à deux composants, ce qui présente l'avantage considérable de conférer une grande rigidité mécanique à votre capteur.

Attendez, ce n'est pas fini. Non seulement l'indicateur décrit ci-dessus peut surveiller d'autres seuils que celui de 0 °C (il suffit de modifier la position du curseur de P1 en conséquence), mais il peut également être modifié pour qu'il fasse l'opération inverse. Au lieu de signaler que la température est passée ***sous*** *un certain seuil, il indiquera qu'elle est passée* ***au-dessus****. Cela vous intéresse-t-il ? Il suffit d'intervertir R1 et R2 (et accessoirement S1). Et vous pourrez l'utiliser par exemple pour surveiller un congélateur dont la température doit rester inférieure à –18 °C.*

Tant qu'à faire des bidouilles, vous pouvez aussi remplacer la résistance CTN par une photo-résistance LDR. . . Et ainsi de suite. Les montages d'ELEX vous appartiennent. Utilisez-les, copiez-les, modifiez-les !

Voici le paragraphe « réglage » que Nico, notre maquettiste parfois distrait, a saqué lors de la mise en page de l'article «indicateur de gel» dans le n°7 d'ELEX, page 10. Le montage sera prêt pour l'hiver qui vient.

Le réglage *on the rocks*

Le but de cette opération est de trouver la position du curseur de P1 dans laquelle le comparateur IC1 bascule pour une température de 0 °C. Pour ce réglage, il nous faut un verre d'eau mélangée à des glaçons (pas de bourbon ni de schnaps) dans lequel on trempe la résistance CTN. Après quelques minutes, la température du mélange d'eau et de glace pilée est de 0 °C; c'est alors que la LED doit s'allumer. Sortez la CTN et réchauffez-la (ni bourbon ni schnaps a dit le docteur) en soufflant dessus : la LED doit rester allumée. Ouvrez puis refermez S2 : cette fois la LED doit s'éteindre et rester éteinte, du moins tant que la température de la résistance CTN n'est pas redevenue négative.
Quant à nous, après ces considérations frigorifiques (hic), il va falloir qu'on se réchauffe !

Mon coup de chapeau

La logique sans hic
Juste dosage de théorie et de pratique pour une étude intéressante. Bravo pour Digilex

Mon coup de savate

Pas pour l'instant
D'une façon générale, un peu plus de tracés de circuits imprimés, et ce sera parfait

Luc HAUACKER
43000 LE PUY

C'est ce qu'on va faire, promis juré.

Ci-joint mon règlement, avec un mois d'avance, pour prolonger mon abonnement.

Mon coup de chapeau

Cheval de cirque = suce pile inutile

Mon coup de chapeau

Leslie électronique.
Lors d'un prochain numéro, pourriez-vous intégrer dans la rubrique réalisation un montage de chambre de réverbération et/ou d'écho ?

Éric FONTANE
34000 MONTPELLIER

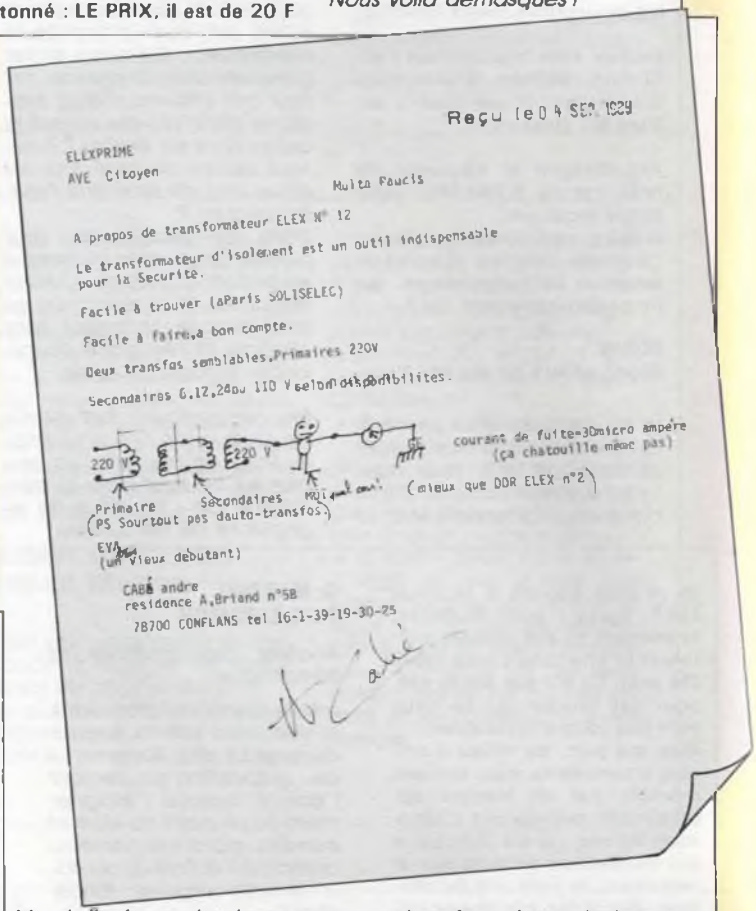
Merci pour votre réabonnement enthousiaste au point d'être anticipé. Ferons le nécessaire pour vous satisfaire. Les circuits de chambres de réverbération et/ou d'écho intéressent beaucoup les amateurs d'électronique, parce que les appareils de fabrication industrielle sont chers. Pourtant, de telles réalisations ne sont pas bon marché non plus, qu'elles fassent appel à un ressort de réverbération (importé des USA ; qualité somme toute médiocre à moins de prévoir un filtrage soigné) ou qu'elles utilisent des circuits spéciaux, analogiques ou numériques (techniques difficiles).
Pas pour ELEX, pour l'instant du moins . . .

Je viens de découvrir votre magazine dédié à l'initiation à l'électronique et je dois avouer que c'est une chose qui manquait. Personne ne pourra nier votre appartenance au groupe CASTEILLA/ELEKTOR puisque même style de présentation et même personnel, locaux, téléphone, etc. . .
Aussi n'est-il pas étonnant de voir que vous conseillez des montages publiés dans elektor à des personnes qui vous demandent de les conseiller dans l'achat d'un appareil de mesure (lettre du Préretraité du n°11). Ce qui est vraiment dommage, car on voit ici ressortir l'idée de gain.[. . .]
Une autre chose m'a aussi étonné : LE PRIX, il est de 20 F pour 60 pages contre 19 F pour 96 pages (ELEKTOR), bizarre non, pour un bouquin de la même maison.
A titre d'information une ampoule c'est l'élément en verre, et l'ensemble ampoule + filament = lampe !
Bien que je trouve le prix un peu élevé, si vous continuez comme cela ou mieux si vous améliorez encore, je serais votre plus fidèle lecteur.

[. . .]

Franck BARNIER
31650 SAINT-ORENS

Nous voilà démasqués !



Merci d'enfoncer le clou pour la sécurité.
Votre montage est astucieux et il vous met en sécurité, c'est très bien ; malheureusement vous risquez de ne pas retrouver les 220 V du secteur à la sortie.
Au lieu de parler du coefficient de foisonnement, j'aurais mieux fait de dire, ou de souligner si je l'ai dit, que le rapport entre les enroulements n'est pas le rapport théorique. Pour compenser les pertes dans la résistance du fil, les secondaires présentent une tension à vide supérieure de 5%, environ, à la tension nominale en charge. Les transformateurs ne sont donc pas parfaitement réversibles.
Le premier de vos deux transformateurs fonctionnera normalement, mais du fait de la compensation calculée pour un transformateur abaisseur, le rapport de transformation du deuxième est tel que la tension à vide sera déjà inférieure de 5% à la tension du secteur. Une fois chargé, le transformateur vous donnera donc la tension du secteur moins 10%. C'est un écart qui commence à compter, non ? Ce que vous pouvez faire, c'est utiliser des transformateurs de tension nominale différente : alimenter un secondaire de 12 V par un transformateur de 15 V. Bien entendu, il vaut mieux mesurer avant toute utilisation. Et surtout, prudence !

Si vous avez cinq minutes, passez chez M. Soliselec, saluez-le de notre part et demandez-lui une petite ristourne pour la publicité gratuite ; vous l'avez bien gagnée.

à l'équipe 'Elex

Rencontre avec Elex juin 88
- tiens encore un journal d'électronique ?
- j'ai assez de mes revues je n'achète pas !

Nouvelle rencontre septembre 88
- il n'est pas comme les autres, c'est bien expliqué, les dessins sont clairs et permettent d'approfondir les connaissances en électronique

Mais Elex est mal connu ?
Avec ma commande pouvez-vous me faire parvenir quelques spécimens pour le faire connaître au club.

Si possible le N°1 que j'ai reçu en très mauvais état

L'équipe d'Elex pourrait-elle de temps en temps proposer des expériences avec des tubes ?

Jean LENTENGNE
61120 VIMOUTIERS

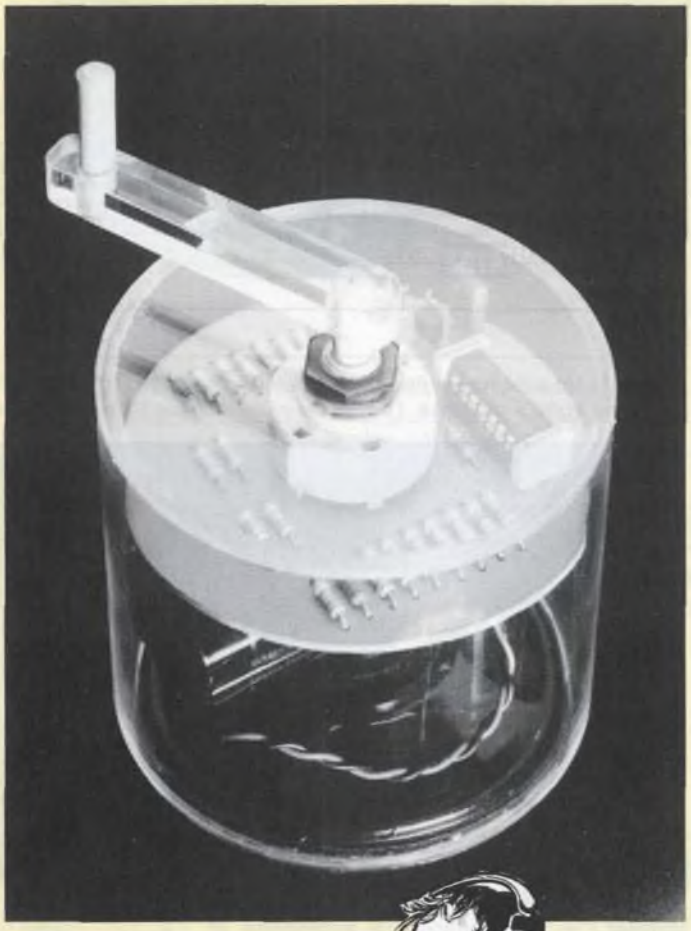
Il faut quand même que nous nous fassions le plaisir de citer de temps à autre une lettre comme la vôtre. A force de choisir de publier des lettres plutôt critiques, nous risquons de finir par laisser croire qu'elles sont les seules. Merci

896161

boîte à musique

moulinette électronique

Vous souvenez-vous de ces jouets cylindriques munis d'une moulinette ? On tournait la manivelle et l'engin égrenait une mélodie, plus ou moins vite, selon l'entrain qu'on y mettait. Sous le couvercle, des ailettes faisaient vibrer des lamelles métalliques disposées en cercle et c'est ce qui produisait la ritournelle.
Voici une version électronique de cette moulinette sonore qui pourra servir aussi bien de jouet que de gadget pour adultes, ou d'accessoire original pour défilé de carnaval par exemple.



Cet appareil très simple est un instrument bizarre qui tient de la vièle à roue et du synthétiseur ou plus précisément du séquenceur, puisque, comme lui, il produit automatiquement des suites de notes. Ici le déroulement d'une séquence de notes n'est pas automatique. Il est assuré par une manivelle. Le son est produit par le haut-parleur et la boîte cylindrique dans laquelle nous l'avons monté joue le rôle indispensable de caisse de résonance.

Dans ce numéro où il est beaucoup question d'oscillateurs, notre boîte à musique a sa place puisqu'elle produit des sons ; elle comporte donc elle aussi un oscillateur. A la lumière de ce que vous avez pu apprendre dans les quelques articles traitant d'oscillateurs dans ce numéro, vous devriez pouvoir reconnaître les composants qui forment l'oscillateur de la boîte à musique sur le schéma de la **figure 1**, même si leur nombre est ici beaucoup plus important que ce qui est strictement nécessaire.

Procédons par élimination : C2 est un condensateur de filtrage qui n'a rien à voir avec les oscillations. Au contraire, il est monté à proximité immédiate des broches d'alimentation du circuit intégré pour supprimer l'effet de ces oscillations sur la tension d'alimentation. Quant à T1, T2 et R24 il ne faut pas être sorti de Polytechnique pour voir qu'ils commandent le haut-parleur en amplifiant le courant de sortie de N3, lequel fait office de tampon.

L'oscillateur

L'oscillateur, ce sont N2, N4 et N5. Ne vous laissez pas impressionner par la présence de trois inverseurs montés en parallèle. A la place du trio N1, N4 et N6 on peut, pour simplifier les choses, faire abstraction de N1 et N6 et imaginer un inverseur unique (N4) dont la fonction est de charger le condensateur de la constante de temps, le seul qui reste, c'est-à-dire C1. L'autre électrode de ce composant est reliée au contact commun du commutateur rotatif S1. Selon la position du rotor de S1, C1 sera associé soit à la résistance R1, ou à la résistance R20, soit à une des associations de résistances en série R2-R3, ou R4-R5, ou R6-R7, etc. Comme la valeur de C1 est fixe, c'est la valeur de résistance différente à chaque position du rotor de S1 qui permettra de définir une autre fréquence d'oscillation (ou éventuellement la même si l'on désire qu'une note dure plus longtemps que les autres).

Le principe de fonctionnement d'un oscillateur comme celui-ci est expliqué en détail dans d'autres articles de ce numéro auxquels nous renvoyons les lecteurs curieux de détails (ils ont bien raison).

Les notes de la ritournelle

La valeur des résistances

a été déterminée avec soin pour obtenir les degrés de la gamme majeure sur une octave et demie, ce qui correspond à la succession des touches blanches d'un clavier du *do* au *sol* de l'octave suivante.

A vous de choisir les notes qui formeront une ritournelle plaisante. Prenons un exemple que tout le monde connaît : le début de la chanson populaire **Au clair de la lune**. . . *do do do ré mi (mi) ré (ré) do mi ré ré*. Ce ne sont que 10 notes, mais le premier *mi* ainsi que le *ré* qui le suit sont des notes longues (indiquées par la répétition entre parenthèses). On implantera les résistances dans l'ordre souhaité en partant de l'échelle diatonique :

R1	do
R2/R3	ré
R4/R5	mi
R6/R7	fa
R8/R9	sol
R10/R11	la
R12/R13	si
R14/R15	do
R16/R17	ré
R18/R19	mi
R20	fa
R21	sol

La réalisation

Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de ritournelles connues. La répétition d'une note équivaut au doublement de sa durée. A vous de chercher quelles résistances implanter pour obtenir les notes de la ritournelle souhaitée. Quand une valeur de résistance composite (par exemple R14/R15) doit occuper la position d'une résistance unique (par exemple R1, R20 ou R21) il faut monter les deux résistances en série à la place de la résistance unique. En revanche, quand une résistance unique prend la place d'une résistance composite (par exemple R1 à la place de R2/R3), il faut implanter la résistance unique à la place de l'une des deux résistances composites et remplacer l'autre par un pont de câblage. Les résistances qui déterminent la fréquence de l'oscillateur doivent être aussi proches que possible des valeurs indiquées afin que les notes soient (à peu près) justes.

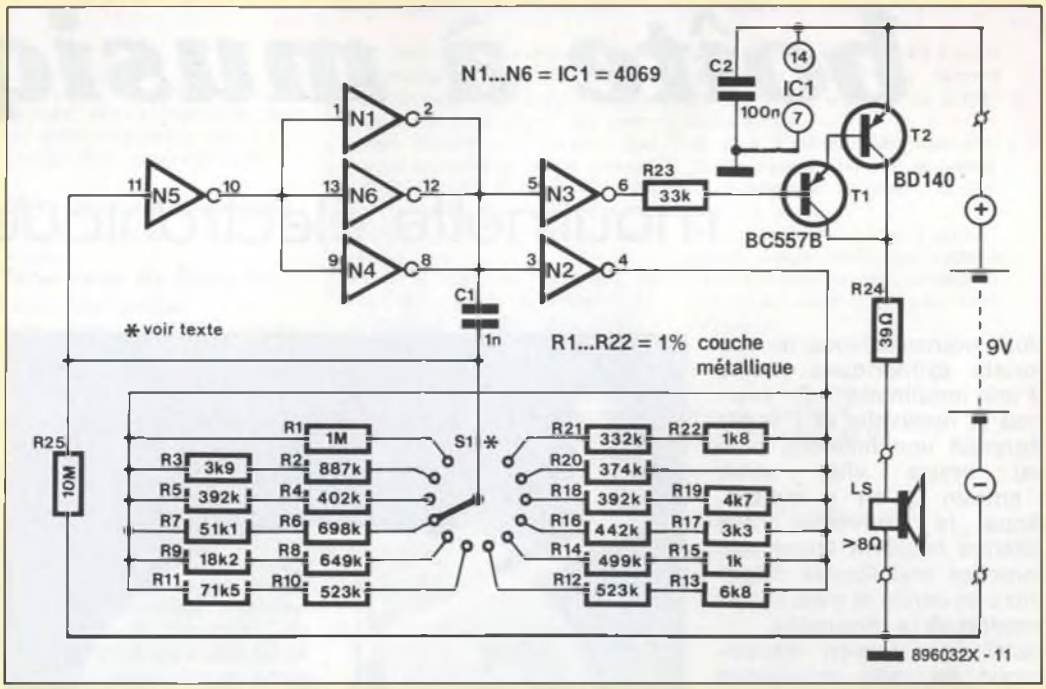


Figure 1 - Un schéma simple : un oscillateur (compliqué) et un amplificateur, c'est tout ce qu'il faut pour faire une boîte à musique. Le rôle du commutateur S1 est prépondérant.

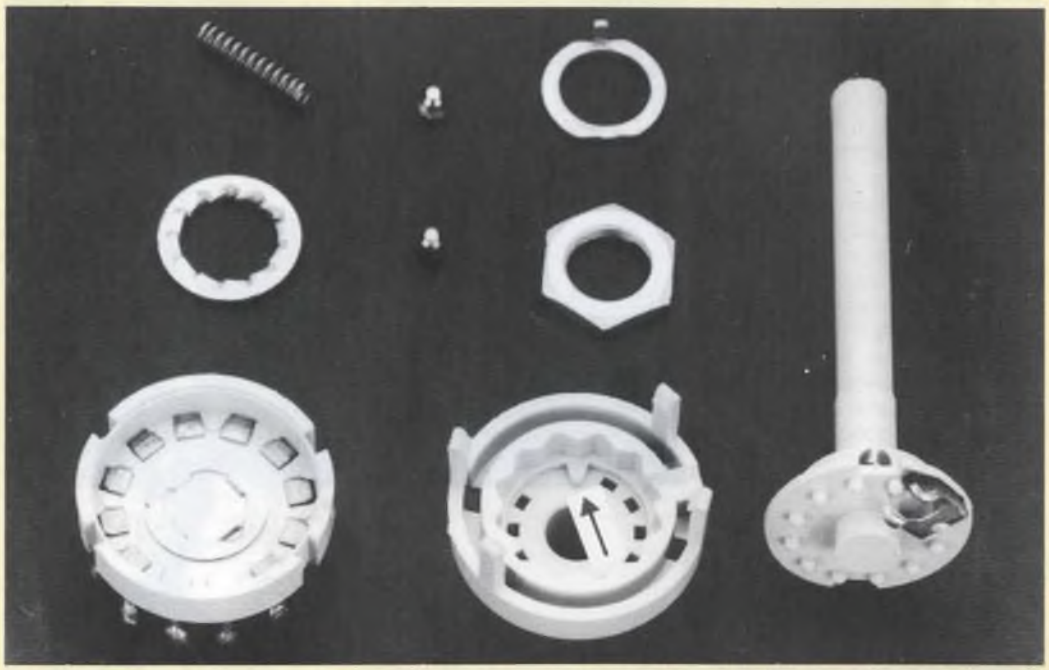


Figure 2 - Si les explications de Résí & Transi ne vous ont pas paru assez claires, vous trouverez sans doute sur cette photo les informations qu'il vous faut pour transformer le commutateur en manivelle. Les deux billes et le ressort peuvent. . . enfin, vous avez lu la BD, non ?

	A		B		C	
1	do	R1	do	R1	la	R10/R11
2	do	R1	mi	R4/R5	sol#	R8/R9
3	do	R1	fa	R6/R7	la	R10/R11
4	ré	R2/R3	sol	R8/R9	fa	R20
5	mi	R4/R5	sol	R8/R9	ré	R16/R17
6	mi	R4/R5	do	R14/R15	mi	R18/R19
7	ré	R2/R3	do	R14/R15	sol	R8/R9
8	ré	R2/R3	sol	R8/R9	do	R14/R15
9	do	R1	la	R10/R11	si	R12/R13
10	mi	R4/R5	sol	R8/R9	sol	R8/R9
11	ré	R2/R3	fa	R6/R7	ré	R16/R17
12	ré	R2/R3	mi	R4/R5	do	R14/R15

Tableau. Exemples de ritournelles avec les valeurs de résistances correspondantes
A = au clair de la lune;
B = nous n'irons plus au bois;
C = les blés d'or

Avant de lire cet article vous avez sans doute déjà lu, ou au moins parcouru, les deux pages de bande dessinée de ce numéro. Nos amis Résí et Transi se sont chargés de vous expliquer comment transformer un commutateur 1 circuit/12 positions en manivelle de boîte à musique. Le modèle de commutateur utilisé pour la démonstration est très courant (marque : LORLIN). Il existe néanmoins d'autres modèles, à carcasse métallique, sur lesquels un ergot solidaire du rotor est arrêté par une

butée de fin de course emboutie dans le flan (= la tôle) du stator. On arrive assez facilement à repousser cette butée à l'aide d'une pince. Quant au cliquètement, il suffit, pour le supprimer, de tordre la rondelle voilée qui tient lieu de ressort. Évitez de démonter ce genre de commutateur.

Il est naturel que pour un circuit qui tourne rond comme celui-ci nous ayons étudié un dessin de circuit imprimé circulaire. La vue de la **figure 3** devrait combler d'aise les lecteurs en mal de "vraies" platines. Le commutateur rotatif est monté au centre.

Les autres composants sont disposés aussi symétriquement que possible tout autour. La mention "LS" placée à côté des deux picots voisins de R24 correspond au mot anglais *loudspeaker*, c'est-à-dire le haut-parleur. La diamètre du circuit imprimé est précisément celui du modèle courant de haut-parleur de 0,5 W (3 pouces, soit 76 mm), ce qui permet de les monter ensemble dans une boîte cylindrique, ou dans un morceau de tube en verre synthétique comme nous l'avons fait pour notre prototype.

Le haut-parleur est monté à l'aide de colle à deux composantes, un peu en retrait de la base du cylindre pour mettre sa membrane à l'abri des chocs. Le commutateur rotatif est fixé par son écrou dans un disque de plexiglas qui obture l'autre extrémité du cylindre. Il ne reste qu'à monter une manivelle sur l'axe de S1, et c'est parti . . .

La réalisation de la boîte à musique se prête aux variations les plus fantaisistes.

On peut imaginer par exemple un modèle cylindrique, dont le bras de manivelle sera de longueur un peu inférieure au rayon du cylindre, de telle sorte que quand on fait rouler la boîte, le poids de la manivelle suffisamment **lestée**, la maintient en position verticale : le mouvement de la boîte qui roule égrène les notes . . .

896032

Liste des composants

Attention : R1 à R22 sont des résistances à 1% de tolérance !
R1 = 1 MΩ
R2 = 887 kΩ
R3 = 3,9 kΩ
R4 = 402 kΩ
R5,R18 = 392 kΩ
R6 = 698 kΩ
R7 = 51,1 kΩ
R8 = 649 kΩ
R9 = 18,2 kΩ
R10,R12 = 523 kΩ
R11 = 71,5 kΩ
R13 = 6,8 kΩ
R14 = 499 kΩ
R15 = 1 kΩ
R16 = 442 kΩ
R17 = 3,3 kΩ
R19 = 4,7 kΩ
R20 = 374 kΩ
R21 = 332 kΩ
R22 = 1,8 kΩ
R23 = 33 kΩ
R24 = 39 Ω
R25 = 10 MΩ
C1 = 1 nF
C2 = 100 nF
T1 = BC557B
T2 = BD140
IC1 = 4069

Divers :
S1 = commutateur rotatif 1 circuit, 12 positions (de marque LORLIN) à broches pointues, pour implantation directe dans un circuit imprimé
HP = haut-parleur 8 Ω ou plus, 0,2 à 0,5 W
pile de 9 V avec coupleur à pression

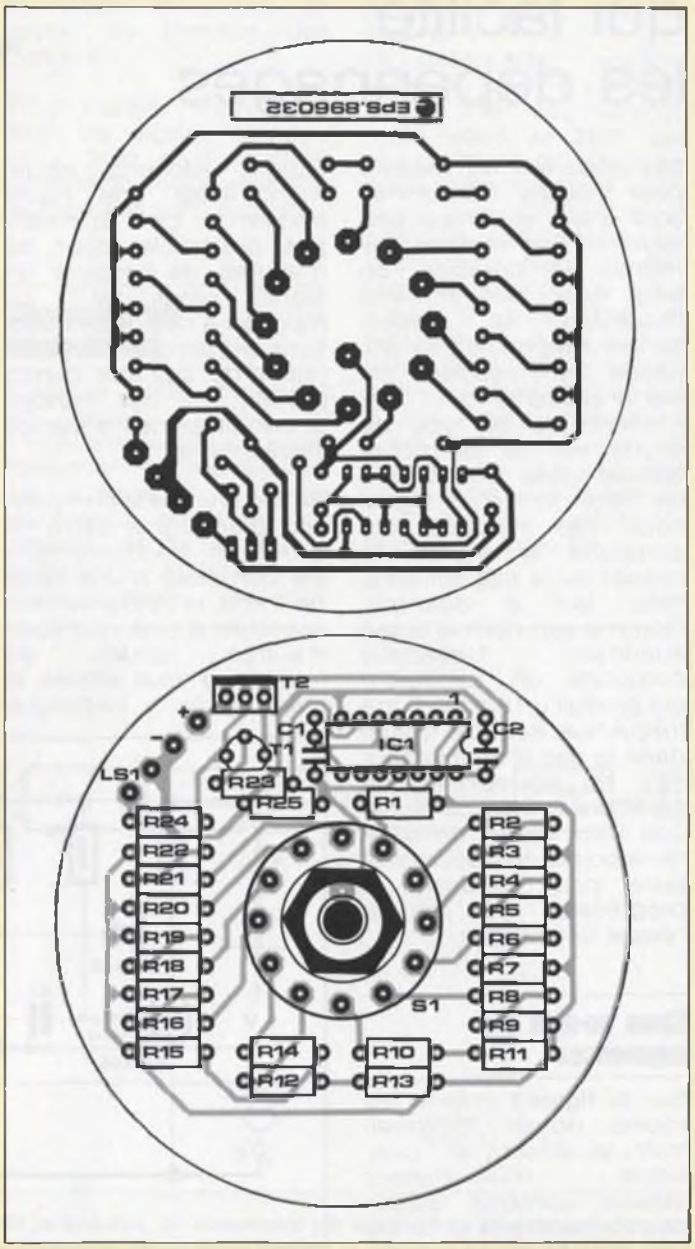
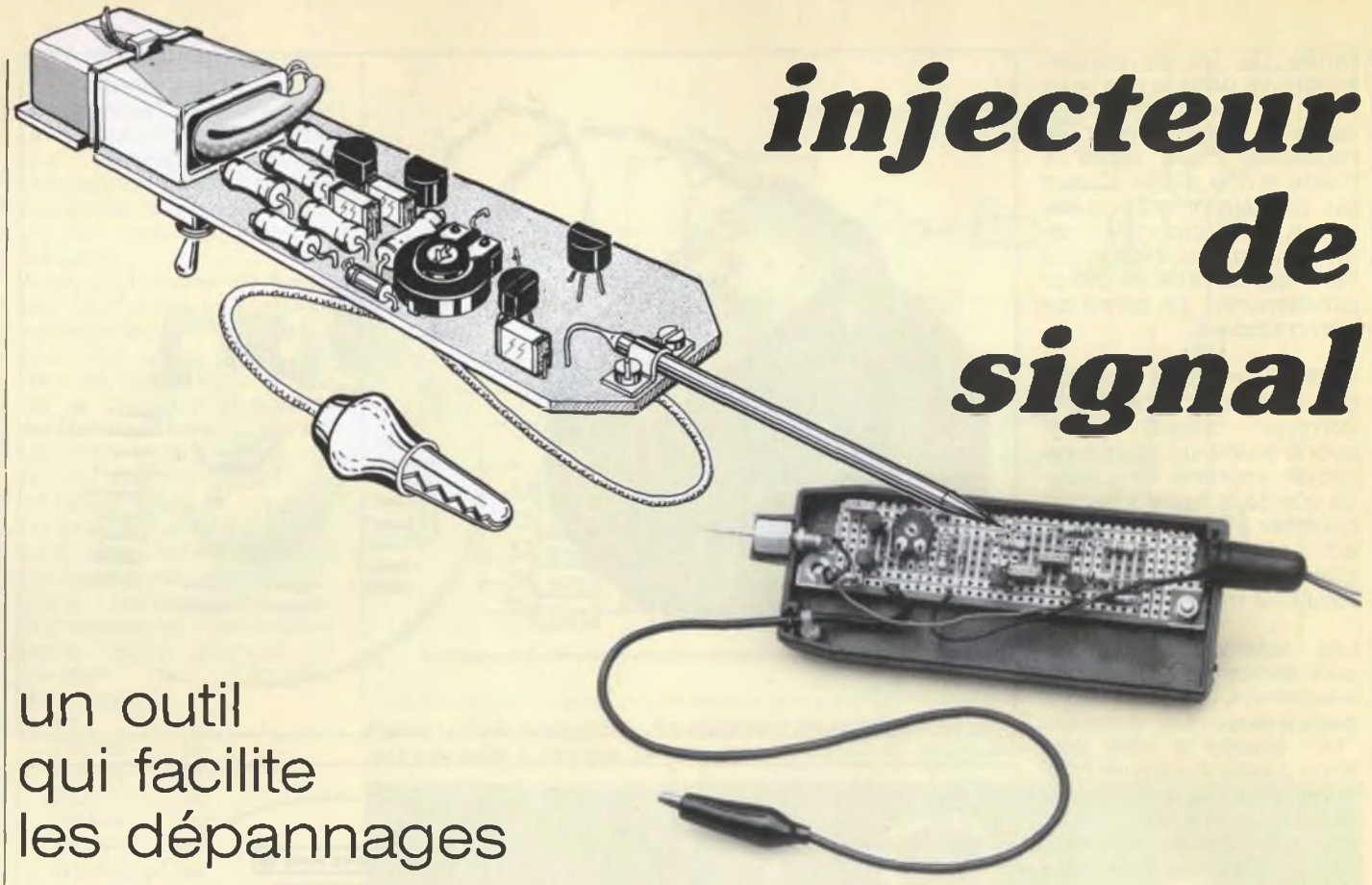


Figure 3 - Dessin des pistes d'un circuit imprimé rond grâce auquel la boîte à musique pourra être monté dans un boîtier cylindrique.

injecteur de signal



un outil qui facilite les dépannages

Les appareils de mesure pour hautes fréquences sont chers et il n'est pas facile de les réaliser soi-même. Et pourtant, on peut avec des moyens modestes, se confectionner des outils très efficaces tel l'injecteur de signal présenté ici.
L'intérêt de ce type de circuit est de permettre d'isoler dans une chaîne de traitement d'un signal celui des maillons qui empêche le signal de passer ou le cas échéant, celui qui le déforme. Comme son nom le laisse supposer, l'injecteur comporte un oscillateur qui produit un signal d'une fréquence donnée (haute dans le cas d'un injecteur HF) et sinusoïdale de préférence. C'est ce signal que l'on injecte en différents points de l'appareil à tester pour en suivre la progression jusqu'à l'étage défectueux.

Sinus au-delà des apparences

Sur la **figure 1** même les moins doués reconnaîtront le désormais classique multivibrateur astable construit autour des transistors T1 et T2. Ce circuit produit un signal carré dont la fréquence est de 4 kHz environ.

Quatre kilohertz seulement, c'est une haute fréquence, ça ? Et n'est-il pas préférable, pour les mesures, de produire un signal sinusoïdal ? La réponse à ces deux questions est simple. Un générateur de signaux carrés produit . . . des ondes sinusoïdales de fréquence élevée. Si, si !

Si l'on analyse la composition d'un signal carré de 4 kHz on découvre qu'il est composé d'une onde de 4 kHz, la fondamentale, associée à une multitude d'autres ondes de fréquence plus élevée et d'amplitude beaucoup plus faible. Et le bouquet, c'est que toutes ces ondes sont sinusoïdales. Nous n'allons pas entrer ici dans l'explication de ce phénomène, d'autres occasions se présenteront. Retenons le nom du physicien Fourier, étroitement associé aux séries d'harmoniques (car c'est ainsi que l'on appelle ces ondes de faible amplitude superposées à l'onde fondamentale) et retenons surtout que dans un signal de 4 kHz il y a des ondes sinusoïdales de fréquence fort élevée. Que l'amplitude des harmoniques soit faible n'est pas un obstacle puisque dans le domaine des HF on travaille avec des grandeurs de l'ordre du μV ou du mV.

Le fonctionnement d'un multivibrateur astable comme celui-ci a déjà été décrit à plusieurs reprises dans ELEX. Nous revenons d'ailleurs sur certains points de détails du MVA dans un article que vous trouverez ailleurs dans ce numéro.

Le signal carré prélevé sur le collecteur de T2 est amplifié par T3 et T4. En sortie, le potentiomètre P1 permet d'atténuer le signal dont C3 supprime la composante continue.

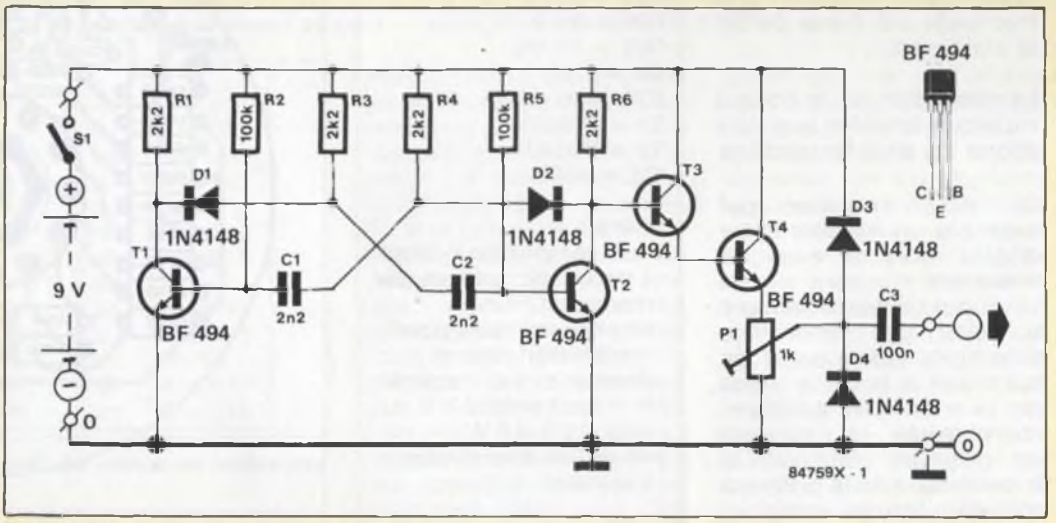


Figure 1 - Un simple multivibrateur astable associé à un petit étage amplificateur suffit pour faire un excellent injecteur de signal HF. Le niveau de sortie est réglable grâce à P1.

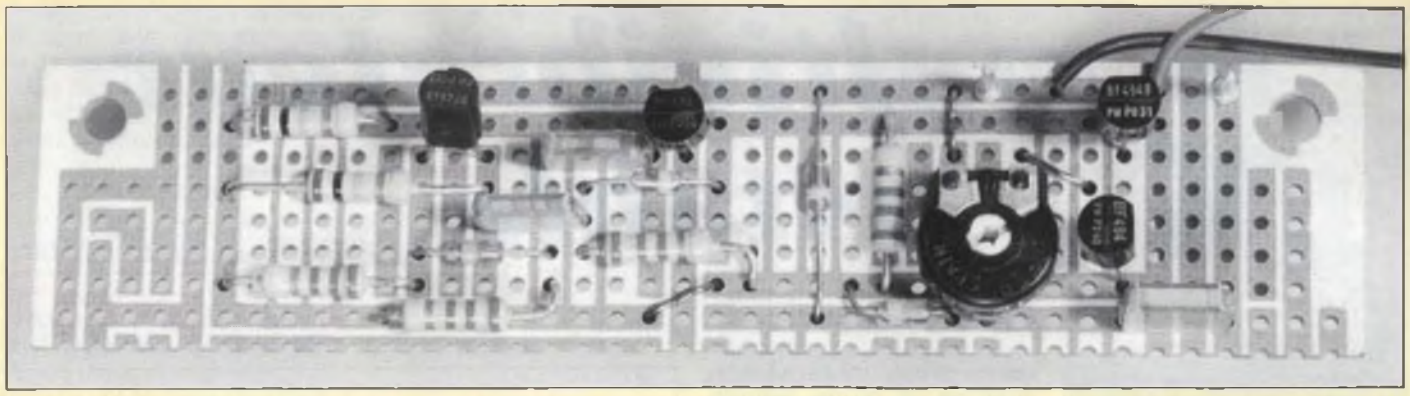


Photo ci-contre:
Voici un prototype monté dans un boîtier spécial (pour sondes logiques) de marque Teko. Ce type de mini-coffret présente de nombreux avantages au nombre desquels figure notamment la solidité d'ensemble, et plus particulièrement celle de la pointe de touche fournie avec le boîtier, mais il faudra faire preuve d'un peu de minutie pour arriver à y caser le circuit et sa pile.

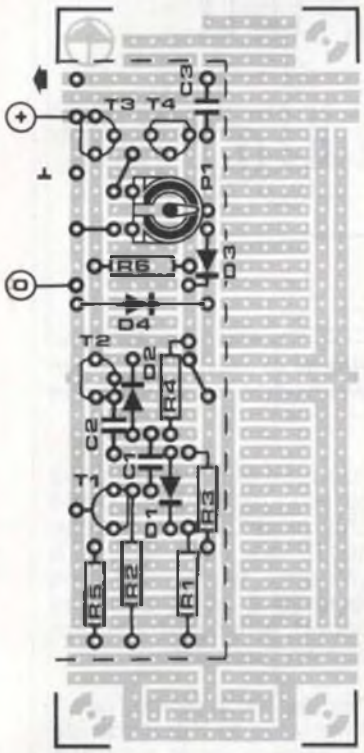


Figure 2 - Plan d'implantation des composants sur une demie platine d'expérimentation de format 1.

Liste des composants

R1,R3,R4,R6 = 2,2 kΩ
R2,R5 = 100 kΩ
P1 = 1 kΩ var.
C1,C2 = 2,2 nF
C3 = 100 nF
D1 à D4 = 1N4148
T1 à T4 = BF494
S1 = interrupteur marche/arrêt
1 pile de 9 V avec coupleur à pression
1 platine d'expérimentation de format 1

Il faut un boîtier facile à manipuler, prolongé par une pointe de touche

Le circuit est au large sur une demie platine d'expérimentation de format 1. Cela facilite la présentation du circuit dans un petit boîtier allongé. Prolongé par une pointe de touche, il permettra d'injecter le signal sans câble. Il ne faut pas omettre cependant d'établir une liaison de masse entre l'injecteur et le circuit à tester. La pointe pourra être faite à l'aide d'une aiguille, d'une pointe de touche récupérée ou tout simplement avec un morceau de gros fil. Pour la liaison de masse, prévoyez un cordon avec au bout une pince crocodile plutôt qu'une point de touche.

Le courant consommé par le montage est de 12 mA, ce qui justifie la présence d'un interrupteur marche/arrêt (du moins si l'on veut garantir la longévité de la pile).

N'oubliez pas de percer un trou pour le mini-tournevis avec lequel vous ajusterez le niveau du signal de sortie en fonction des besoins.

Pour essayer votre injecteur de signal, faites-lui donc faire un tour dans votre radio ; vous allez être surpris par son efficacité.

Dépannage par encerclement

Lorsque vous dépannez un circuit, l'usage de l'injecteur facilite considérablement les recherches. La **figure 3** montre comment procéder en partant de la sortie de l'appareil. Aussitôt que l'on constate l'absence du signal au niveau du haut-parleur, on connaît l'étage de la chaîne de transmission responsable du mauvais acheminement. Il ne faut pas hésiter à adapter le niveau de sortie de l'injecteur en fonction du résultat obtenu.
Le défaut de l'appareil testé ne pourra pas être décelé avec cet injecteur, mais vous pourrez par approximations successives déterminer le point exact à partir duquel le passage du signal est interrompu. Nous souhaitons vivement que vous n'ayez à vous servir de l'injecteur que de loin en loin ; mais nous savons qu'il vous sera chaque fois d'une aide précieuse. C'est peut-être avec et grâce à lui, qui sait, que vous ferez vos premiers pas vers une carrière de technicien radio-TV.

84759

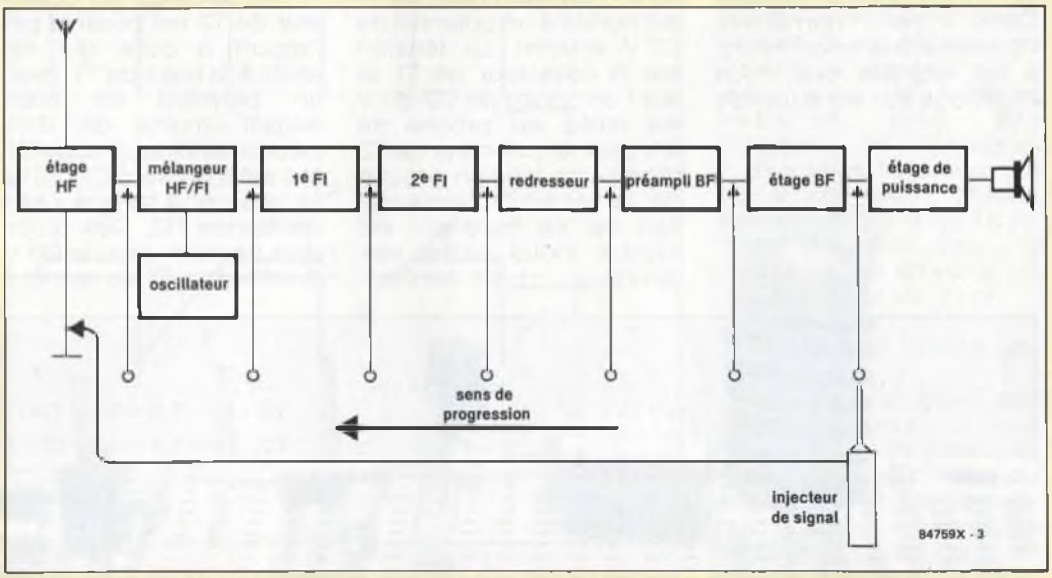


Figure 3 - Pour dépanner un appareil défectueux, on commence par injecter le signal de test dans les étages de sortie puis on progresse d'étage en étage en remontant le parcours normal du signal dans l'appareil jusqu'à la source. Dès que l'on constate l'interruption du signal, on sait quel est l'étage incriminé. Ici on a représenté les étages qui composent un récepteur radio.

le multivibrateur astable

On trouvera une passionnante genèse du multivibrateur astable dans le 8e épisode de la rubrique *analogique anti-choc*, ELEX n°13, pages 40 à 43.

Le jour où vous avez ouvert votre premier numéro d'ELEX, le premier montage sur lequel vous êtes tombé était un testeur de continuité qui n'était rien d'autre qu'un... multivibrateur astable.
Un démarrage à la catapulte... qui s'est soldé pour beaucoup par un atterrissage dans les cageots ! Car le multivibrateur donne du fil à retordre autant à celui qui essaie d'en décrire le fonctionnement qu'à celui qui essaie de le comprendre.

Par la suite, il a souvent été question, dans Elex, de multivibrateurs astables à deux transistors (gradateur pour lampe de poche, ressac électronique, du n°2, la touche à effleurement du n°5, ... je vous laisse chercher). Le montage en couverture du numéro 7 de janvier 89 est un multivibrateur astable. Dans ce numéro-ci, consacré aux oscillateurs, il est logique que nous revenions sur les subtilités de ce circuit universel, bon marché et d'une grande fiabilité, mais dont le fonctionnement n'est pas facile à comprendre, du fait, entre autres, de la présence d'impulsions négatives...

Sus donc au multivibrateur astable que nous appellerons MVA dans ce qui suit. Ce qui caractérise le schéma du MVA et apparaît d'emblée, est son élégante symétrie (**figure 1**). Les deux transistors dos à dos avec chacun leur résistance de collecteur, et leur réseau RC (R2 et C1, R3 et C2) dans le circuit de base.

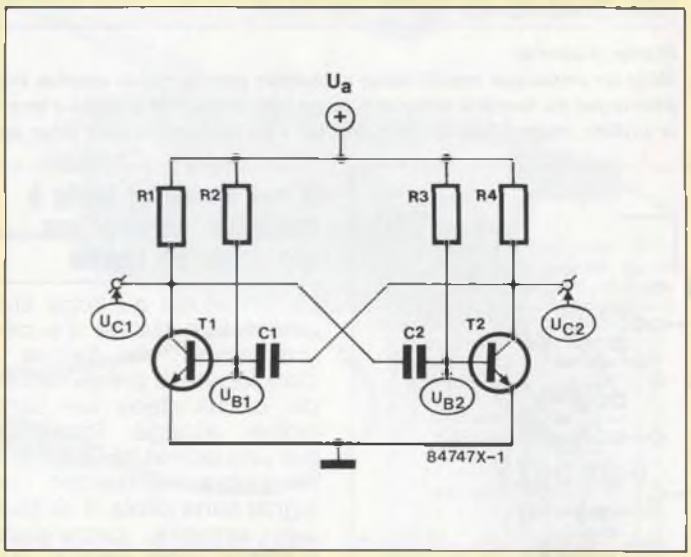


Figure 1 - Reconnaissable à la symétrie de sa construction, remarquable pour sa fiabilité, le multivibrateur astable à deux transistors est un circuit bon à tout faire.

Des impulsions négatives

Nous savons, en gros, que les transistors du multivibrateur astable conduisent à tour de rôle et qu'ils se bloquent mutuellement.

Voyons cela de plus près. Supposons que ce soit par exemple T1 qui conduise en ce moment. Il circule donc un courant de base (à travers R2). L'armature de C1 reliée à la base de T1 est portée à un potentiel de 0,6 V environ. La tension sur le collecteur de T1 et sur l'armature de C2 qui y est reliée, est proche de 0 V ; sur le collecteur de T2 règne une tension proche de la tension d'alimentation car ce transistor est bloqué (nous allons voir pourquoi...). Le condensateur C1 se charge rapidement à travers R4.

A travers R3, C2 se charge aussi et quand la tension de base de T2 atteint le seuil de 0,6 V, ce transistor se met à conduire. Sa tension de collecteur s'effondre (il subsiste 0,2 V environ). Mais à cet instant C1 est encore chargé : son armature reliée au collecteur de T2 est positive par rapport à celle qui est reliée à la base de T1. Avec un potentiel de base négatif (moins de 0 V), celui-ci se bloque aussitôt, et c'est à présent C1 qui va se charger à travers « sa » résistance R2. Dès qu'on aura passé le cap de 0,6 V, le transistor T1 se remet à conduire et c'est T2 qui va se bloquer : du fait de la charge de C2, c'est la base de T2 qui est négative à présent. Nous sommes revenus à notre point de départ, et le cycle se reproduit immuablement.

Pas facile, n'est-ce pas ? Avez-vous lu l'épisode de ce mois-ci de la rubrique *analogique anti-choc* ? Pas encore... eh bien, lisez-le et vous comprendrez comment l'armature d'un condensateur devient négative après avoir été nulle, quand son autre armature, après avoir été positive, devient elle-même nulle.

Et maintenant, si on repre-

nait cela, diagrammes de la **figure 2** à l'appui, cela vous permettra de mieux vous représenter les dents de scie négatives sur la base des transistors.

Temps de charge

La durée de l'intervalle entre deux de ces dents est déterminée par la durée de la charge de C1 à travers R2 et celle de C2 à travers R3.

$$t_1 = 0{,}7 \cdot R2 \cdot C1$$
$$t_2 = 0{,}7 \cdot R3 \cdot C2$$

R en Ω (pas en kΩ ni en MΩ) et C en F (pas en µF, ni en nF, ni en pF) ; t en secondes.

La somme de t1 et t2 donne la durée T de la période, qui, inversée, donne à son tour la fréquence :

$$T = t_1 + t_2$$
$$f = \frac{1}{T}$$

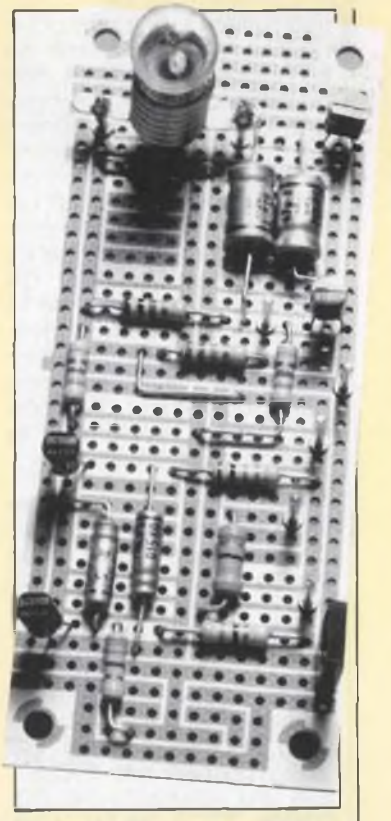
Si R2 et R3 sont de valeur identique, de même que C1 et C2, t_1 et t_2 seront égaux :

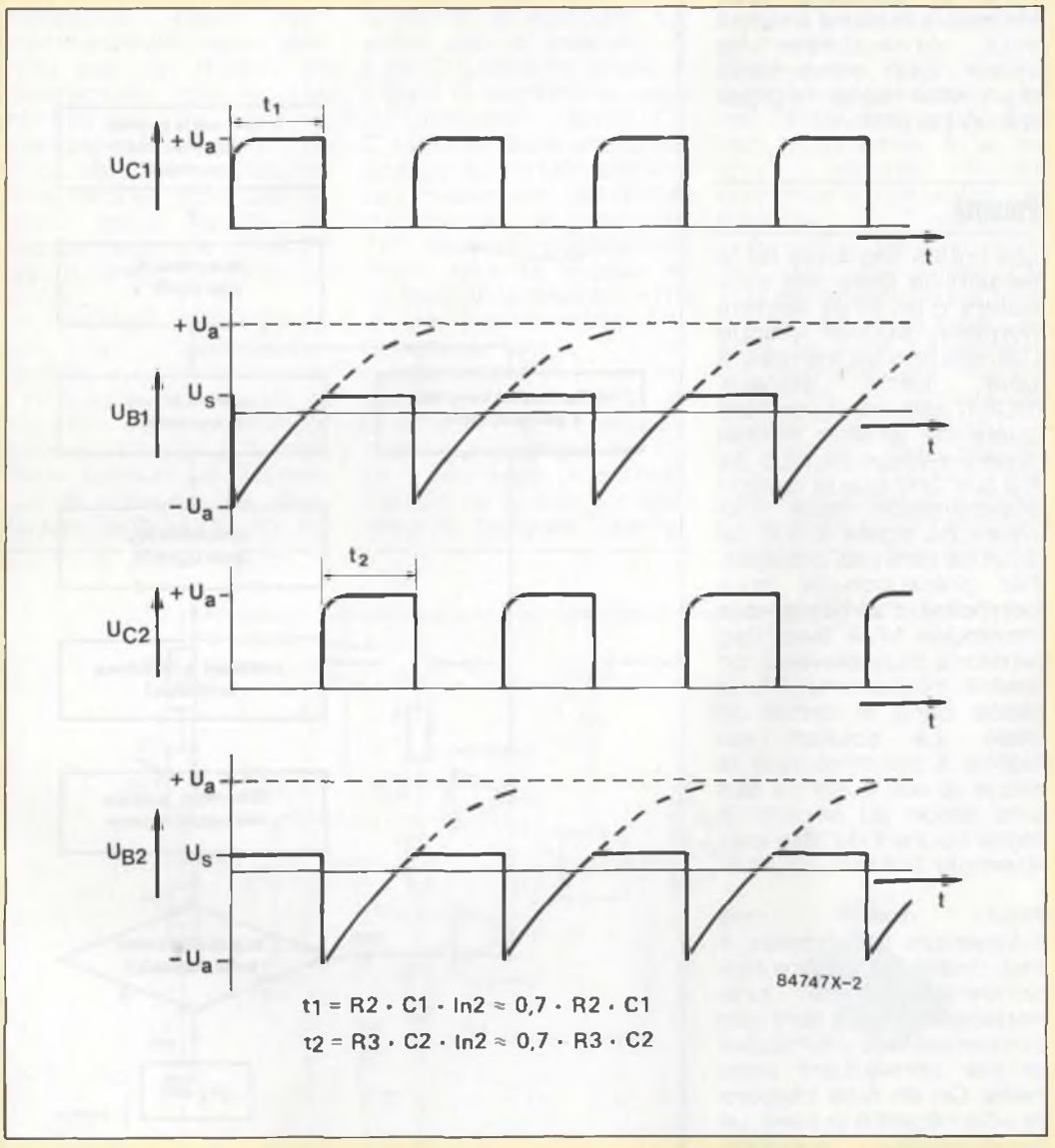
$$f = \frac{1}{2t_1} = \frac{1}{1{,}4 \cdot C1 \cdot R2}$$

Quand les résistances sont égales et les condensateurs aussi, les impulsions ont une durée égale à celle des intervalles qui les séparent. Les deux « mouvements » qui forment le cycle d'oscillation sont symétriques : la tension est nulle pendant 50% de la période, et elle est égale à la tension d'alimentation pendant les 50% restant. On parle d'un rapport cyclique de 1:1 (50%). A des valeurs de résistances et de condensateurs différentes correspondront des demi-périodes asymétriques. Mais revenons à la fréquence, et prenons un exemple de calcul de fréquence à partir de résistances identiques de 39 kΩ et de condensateurs identiques de 18 nF.
Quelle est la fréquence du MVA ?

$$f = \frac{1}{1{,}4 \cdot R2 \cdot C1} =$$
$$\frac{1}{1{,}4 \cdot 39\ k\Omega \cdot 18\ nF} =$$
$$\frac{1}{1{,}4 \cdot 39 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-9}}$$
$$\approx 1\ kHz$$

La disparité entre farads et ohms n'est pas gênante puisque l'on obtient des hertz (Hz). En revanche les nano et les kilos ne doivent pas être négligés. Il faut ramener les deux grandeurs au même dénominateur.





$t1 = R2 \cdot C1 \cdot \ln 2 \approx 0{,}7 \cdot R2 \cdot C1$

$t2 = R3 \cdot C2 \cdot \ln 2 \approx 0{,}7 \cdot R3 \cdot C2$

Figure 2 - Le chronogramme des impulsions du multivibrateur astable montre l'alternance entre les phases conductrices des deux transistors. Quand U_{C1} est égale à U_a (la tension d'alimentation), c'est T2 qui est conducteur et T1 qui est bloqué. On voit ainsi que T1 reste bloqué tant que sa tension de base (U_{B1}) n'est pas redevenue assez positive. Pendant ce temps le potentiel U_{C2} est bas car T2 est saturé (U_s est la tension de saturation).

Choix de la combinaison RC

Vous n'aimez pas manipuler ces puissances de dix ? Alors reportez-vous au tableau que nous avons établi pour vous, avec indication des fréquences obtenues pour diverses combinaisons de condensateurs et de résistances de valeurs standard. On y voit que la même fréquence peut être obtenue de plusieurs manières différentes. Le signal de 1 kHz obtenu avec les 39 kΩ et les 18 nF peut l'être aussi avec une résistance de 68 kΩ et un condensateur de 10 nF.

Quel est le critère du choix ?
Le courant de base doit suffire pour une commande franche du transistor et la charge du condensateur. Le gain de nos petits transistors modernes (BC547 etc) est certes supérieur à 100, mais il ne faut pas lésiner sur le courant de base pour autant. Un vingtième du courant de collecteur

suffit, mais il vaut mieux se rapprocher du dixième de ce courant. Si le MVA doit commander par exemple une LED avec un courant de 15 mA (ce seront 15 mA de courant de collecteur), il faudrait un courant de base compris entre 0,75 et 1,5 mA. La loi d'Ohm nous permet de déterminer la valeur de la résistance de base convenable. Vous savez comment faire, n'est-ce pas ? Oui, et n'oubliez pas de prendre en compte la tension base-émetteur. . .

Alors, cette loi d'Ohm ne vous inspire pas ?
Si bien sûr, vous avez trouvé que

$$R = \frac{5{,}4\ V}{0{,}75 \text{ à } 1{,}5\ mA}$$

c'est-à-dire la valeur de la tension d'alimentation (6 V) moins le seuil de 0,6 V, divisée par l'intensité du courant, ce qui donne 7,2 à 3,6 kΩ. Une résistance de 39 kΩ comme celle que nous avions choisie pour l'exemple ci-dessus ne conviendrait donc pas pour commander une LED. D'ailleurs, à quoi bon une LED que l'on fait clignoter à une fréquence de 1 kHz ? A supposer qu'un tel cas de figure se présente, on aurait R_C = 390 Ω pour le courant de LED et R_B = 3,3 kΩ pour une fréquence de 1 kHz avec un condensateur de 220 nF (= 0,2 µF) pour un courant de base bien proportionné par rapport au courant de collecteur.
Quand un MVA est utilisé pour produire un signal (et non pas pour fournir un courant d'intensité relativement élevée), le courant de collecteur est faible. La valeur de R_C est alors de quelques kΩ et celle de R_B est par conséquent de l'ordre de plusieurs dizaines de kΩ.

Dans vos lettres vous nous demandez souvent de vous expliquer comment déterminer et choisir la valeur des composants. Il n'est pas possible de donner une réponse globale à cette question en raison du grand nombre de paramètres –souvent contradictoires– à concilier. Cet examen approfondi du MVA à deux transistors va nous permettre de répondre globalement pour une fois pour un certain type de circuit. Ainsi le tableau 2 vous indique la marche à suivre pour dimensionner la valeur des composants d'un MVA sans négliger aucun paramètre.

Tableau 1.

f	0,01 µF	0,02 µF	0,05 µF	0,1 µF	0,2 µF
100 Hz	710 kΩ	360 kΩ	140 kΩ	71 kΩ	36 kΩ
200 Hz	360 kΩ	180 kΩ	71 kΩ	36 kΩ	18 kΩ
300 Hz	240 kΩ	120 kΩ	48 kΩ	24 kΩ	12 kΩ
400 Hz	180 kΩ	89 kΩ	36 kΩ	18 kΩ	8,9 kΩ
500 Hz	140 kΩ	71 kΩ	29 kΩ	14 kΩ	7,1 kΩ
750 Hz	96 kΩ	48 kΩ	19 kΩ	9,6 kΩ	4,8 kΩ
1 kHz	71 kΩ	36 kΩ	14 kΩ	7,1 kΩ	3,6 kΩ
2 kHz	36 kΩ	18 kΩ	7,1 kΩ	3,6 kΩ	1,8 kΩ
3 kHz	24 kΩ	12 kΩ	4,8 kΩ	2,4 kΩ	1,2 kΩ
4 kHz	18 kΩ	8,9 kΩ	3,6 kΩ	1,8 kΩ	
5 kHz	14 kΩ	7,1 kΩ	2,9 kΩ	1,4 kΩ	

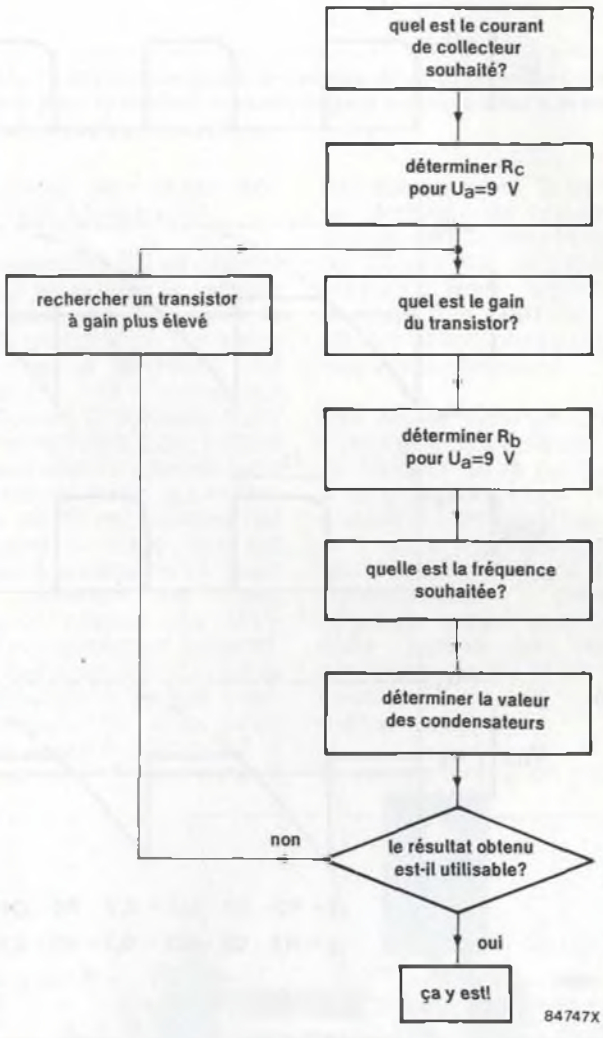
Tableau 1 - Dressé pour ceux qui n'aiment pas calculer, ce tableau indique quelle combinaison de valeurs de résistance et de condensateur utiliser pour obtenir une fréquence donnée. La tension d'alimentation est supposée être U_a = 9 V.

Polarité

Les crêtes négatives de la tension de base des transistors d'un MVA laissent perplexe, surtout lorsque l'on sait que les transistors pour petits signaux (BC547 etc) ne supportent guère de tension inverse base-émetteur de plus de 5 à 6 V. Tant que la tension d'alimentation reste inférieure ou égale à 9 V, ce seuil ne sera pas dépassé. Par précaution et pour permettre d'alimenter des montages MVA avec des tensions plus élevées, on insère fréquemment une diode dans le circuit de base. La solution est bonne à condition que la diode le soit aussi : il faut une diode au silicium à faible courant de fuite (par exemple 1N4148).

Pour obtenir des fréquences très basses, il faut mettre en oeuvre des condensateurs à forte capacité lesquels sont des condensateurs chimiques et par conséquent polarisés. On en relie toujours le pôle négatif à la base. Le condensateur supporte bien la brève inversion de polarité en cours d'oscillation.

Tableau 2.



84747

Tableau 2 - Procédure à suivre pour dimensionner un MVA.

Le 555

Il en est des circuits intégrés comme des chanteurs. Beaucoup de petits nouveaux se font connaître, peu deviennent des classiques. Parmi les grands classiques, nous avons déjà parlé du 741, brave amplificateur opérationnel à tout faire (genre Ivo Livi), et de quelques autres. Comme il s'agit d'oscillateurs dans ce numéro, c'est le 555, brave temporisateur à tout faire (genre Claude Moine), qui va faire son tour de piste. Maestro, quand vous voudrez !

Le 555 trouve continuellement de nouvelles applications, mais il semble avoir été fait spécialement pour chacune d'elles. Son organisation interne, représentée sur la **figure 1**, comprend deux comparateurs, une bascule et un étage de puissance de sortie. Les tensions de référence des deux comparateurs sont définies par un réseau de résistances interne. Les résistances du diviseur, marquées R sur le schéma, sont toutes les trois de 5 kΩ. Elles définissent deux seuils de tension, égaux à 1/3 et 2/3 de la tension d'alimentation U_A.

Le montage de la figure 1 est un multivibrateur astable. Il va nous donner l'occasion de décrire la fonction des différents sous-ensembles. À la mise sous tension, le courant circule à travers les résistances extérieures R1, R2 et le potentiomètre P1 pour venir charger le condensateur C1. La tension du condensateur U_C augmente. Les deux comparateurs surveillent cette tension. Pendant la phase de charge du condensateur, le comparateur 1 réagit lorsque la tension atteint 2/3 de la tension d'alimentation. Sa sortie passe à l'état logique 1 et actionne la bascule. La sortie de la bascule, à l'état 0 jusque-là, passe à l'état 1 et alimente la base du transistor interne T1. C'est la fin de la phase de charge du condensateur.

La phase de décharge commence : le transistor T1, devenu conducteur, dévie vers la masse le courant de la résistance R1 et du potentiomètre P1. Simultanément, le condensateur se décharge à travers R2, la broche 7 et l'espace collecteur-émetteur de T1. La décharge continue jusqu'à ce que le comparateur 2 constate que la tension du condensateur est redevenue égale à celle du seuil inférieur, 1/3 de la tension d'alimentation. Le comparateur 2 change d'état, sa sortie passe à 1 et actionne la bascule. Le condensateur C1 recommence à se charger puisque le transistor T1 est bloqué et ne dévie plus le courant des résistances de charge. C'est la fin de la phase de décharge.

C'est aussi la fin de la période de l'oscillateur. Un oscillateur est ainsi fait que, sitôt arrivé à la fin d'une période, il en commence une autre. La période suivante commence comme il se doit par une phase de charge et continue par une phase de décharge, et ainsi de suite. La tension du condensateur oscille entre 1/3 et 2/3 de la tension d'alimentation.

La sortie du circuit, broche 3, prend les valeurs opposées à celle de la sortie de la bascule : pendant la phase de charge, elle est à 1, proche de la tension d'alimentation, pendant la phase de décharge elle est à 0, proche de la tension de la masse. L'amplificateur que symbolise le triangle est constitué de deux transistors comme un étage pouche-poule. La tension de sortie, aux tensions de saturation des transistors près, a la forme d'un rectangle d'amplitude U_A, comme celui que représente la **figure 3**. La même figure montre l'évolution de la tension du condensateur.

La pente et la longueur des deux parties de la courbe de tension du condensateur sont différentes. Nous avons eu l'occasion à plusieurs reprises, notamment dans *analogique anti-choc*, d'étudier les phénomènes de charge et de décharge d'un condensateur. La différence de pente et de durée résulte de la différence entre les résistances de charge et

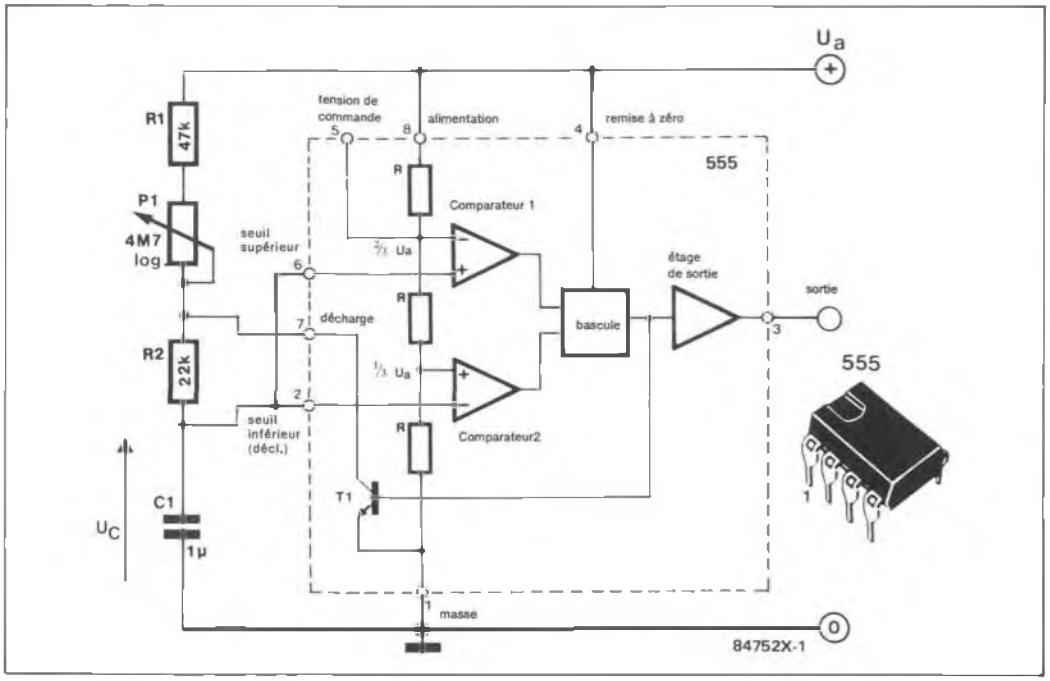


Figure 1 - L'utilisation la plus courante du 555 est celle de multivibrateur astable. Le potentiomètre permet de faire varier la fréquence.

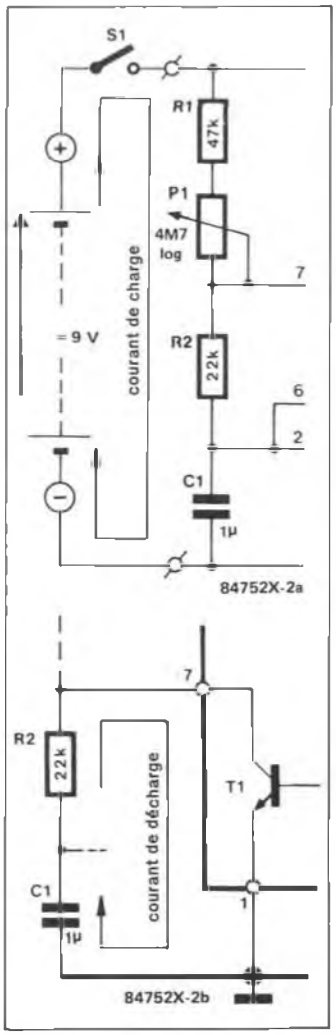


Figure 2 - La phase de charge du condensateur et sa phase de décharge sont de durée différente parce que le chemin suivi par le courant est différent.

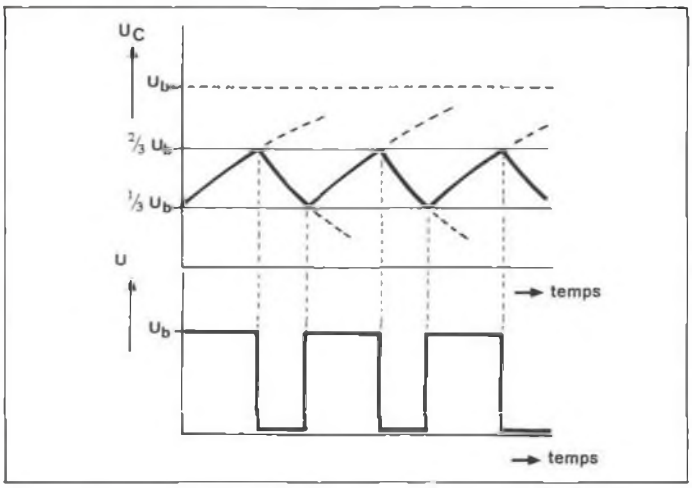


Figure 3 - La tension du condensateur varie continuellement entre les deux seuils fixés par le diviseur de tension interne. Le signal de sortie est rectangulaire.

de décharge.
Pendant la charge toutes les résistances sont en série, alors que pendant la décharge, seule R2 intervient pour limiter le courant. Il est donc normal que la décharge soit plus rapide que la charge, et les impulsions plus longues que les pauses.

Fréquence réglable
La durée de la charge, donc la durée des impulsions, est réglable au moyen de P1. Comme la durée des pauses est fixée par la valeur de R2, c'est la fréquence qui est réglable par P1. Elle se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$f = \frac{1{,}44}{[(R1 + P1) + 2 \cdot R2] \cdot C}$$

Les gens pressés peuvent lire tout simplement les valeurs de l'abaque de la **figure 6a**, établi à leur intention par le fabricant du circuit intégré.

Il est possible de régler la fréquence en agissant sur la durée des pauses si on monte le potentiomètre à la place de R2 entre les broches 2 et 7 (bien entendu P1 doit prendre la place de R2 dans la formule).

Égalité
Le montage de la figure 1 ne peut donner que des durées différentes pour la pause et l'impulsion. Il peut arriver que l'on tienne à avoir des durées égales. C'est possible avec la montage de la **figure 4**. Le courant de charge passe alors par R1 et D1, le courant de décharge par R2 et D2. Les durées seront égales à condition que les résistances R1 et R2 soient égales.

Monostable
Le montage de la **figure 5** est celui du monostable. La broche 2 n'est pas reliée au condensateur. Elle peut être reliée au pôle positif de l'alimentation ou laissée en l'air. Le circuit n'oscille plus. En effet, une fois le condensateur chargé, la sortie passe à 0, le transistor interne décharge le condensateur et reste conducteur. Les choses en restent là puisque le comparateur 2 n'est pas relié au condensateur et ne donne pas, comme il le faisait précédemment, le signal de la fin de décharge.
Les choses en restent là jusqu'à ce qu'une impulsion négative sur l'entrée du comparateur 2 (broche 2) fasse passer sa sortie à 1. À ce moment, la bascule change d'état, la sortie (broche 3) passe à 1, le transistor interne se bloque et la charge du condensateur reprend. Chaque impulsion négative sur l'entrée 2 provoque une impulsion et une seule en sortie : il s'agit d'un circuit **monostable**. La durée de l'impulsion, dite **pseudo-période**, se calcule comme suit :

$$T = 1{,}1 \cdot R1 \cdot C1$$

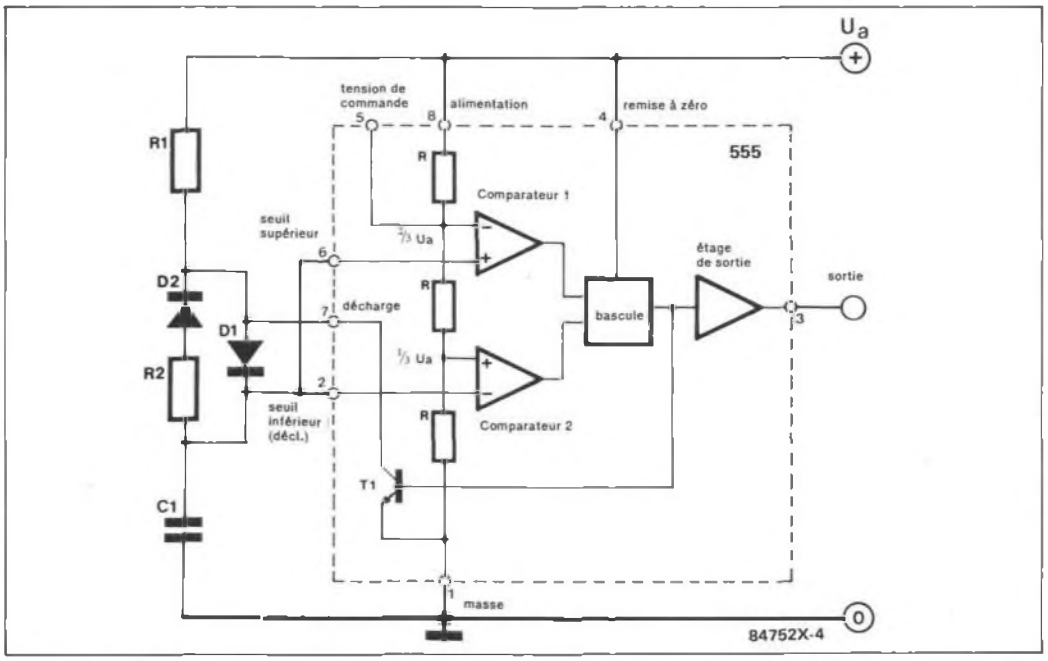
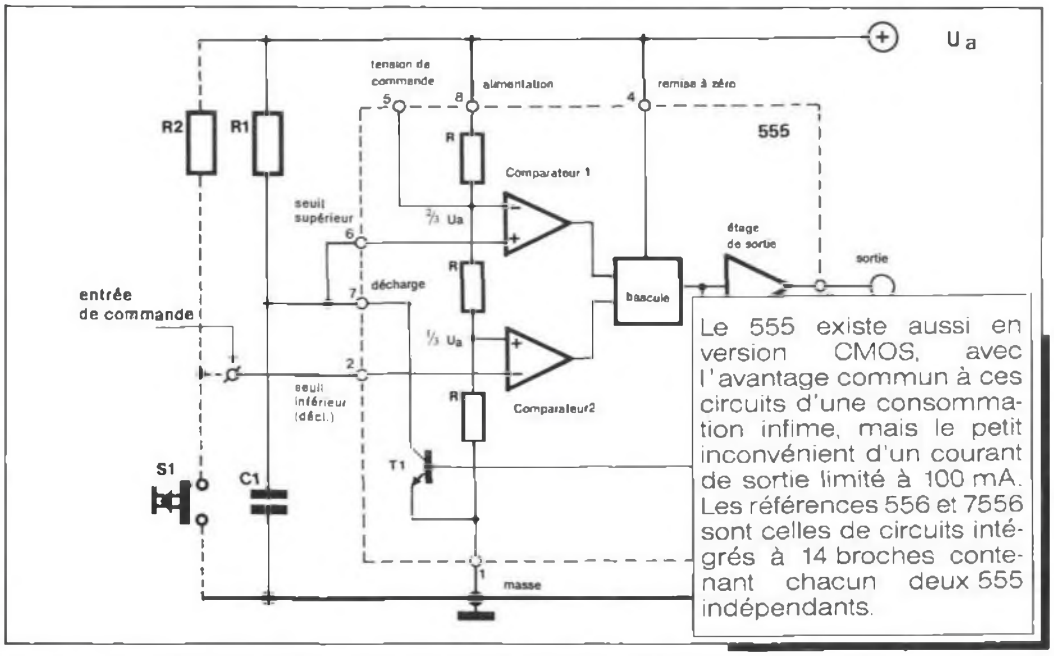


Figure 4 - Deux diodes permettent d'assigner aux courants de charge et de décharge des chemins distincts, ce qui supprime l'influence de la résistance de décharge sur les temps de charge. Cette astuce permet de rendre égaux les temps de pause et d'impulsion.



Le 555 existe aussi en version CMOS, avec l'avantage commun à ces circuits d'une consommation infime, mais le petit inconvénient d'un courant de sortie limité à 100 mA. Les références 556 et 7556 sont celles de circuits intégrés à 14 broches contenant chacun deux 555 indépendants.

Figure 5 - Monté en monostable, le 555 ne fournit qu'une impulsion positive de sortie à chaque impulsion négative de commande sur la broche 2.

Pressés ? abaque **6b**.
La durée de temporisation atteint 100 secondes, ce qui est long pour un temporisateur à un seul étage. Elle peut les dépasser, mais au prix d'une perte de précision, car les différents courants de fuite, tant du condensateur que des transistors internes, deviennent significatifs.

Constant
La fidélité est la qualité principale qu'on demande en général à un temporisateur. Celle du 55 est plutôt bonne du fait que la durée des phases de charge et de décharge est indépendante de la tension d'alimentation. En effet, toute variation de la tension d'alimentation produit, en même temps qu'un changement du régime de charge du condensateur, un changement équivalent de la valeur des seuil de référence des comparateurs.

La période du multivibrateur astable ou la pseudo-période du monostable reste donc inchangée. Les parasites de courte durée ont relativement peu d'influence sur la charge du condensateur, et ont atténue celle qu'ils peuvent avoir sur le diviseur de tension interne en connectant un condensateur de 100 nF entre la broche 5 et la masse.

Variable
La broche 5 permet la stabilisation des tensions de références. Elle permet aussi de faire varier volontairement ces tensions. Ainsi en lui appliquant une tension variable obtient-on un oscillateur commandé en tension (Voltage Controlled Oscillator). Dans ce cas les seuils des comparateurs sont décalés, leur basculement avancé ou retardé, et la fréquence changée.

Rien du tout
Il est possible aussi de bloquer les oscillations du 555 en annulant la tension de sa broche 4. Cette commande agit sur la bascule de sortie : elle lui impose l'état 1 et la rend insensible aux ordres des comparateurs. Dans cet état, la sortie (broche 3) est à zéro et le condensateur court-circuité à la masse par la broche 7.

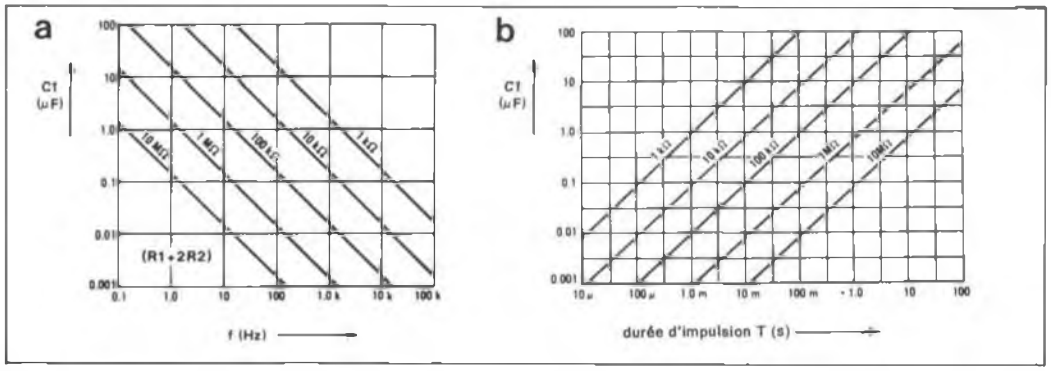


Figure 6a - Lorsque vous aurez trouvé dans l'abaque, pour la fréquence qui vous intéresse, la valeur du condensateur et celle de la somme R1 + 2R2, il vous restera à définir la part de R1 et de R2 dans la somme pour fixer le rapport cyclique de votre oscillateur.
Figure 6b - L'utilisation est plus simple pour le monostable : une seule résistance, et déterminée directement.

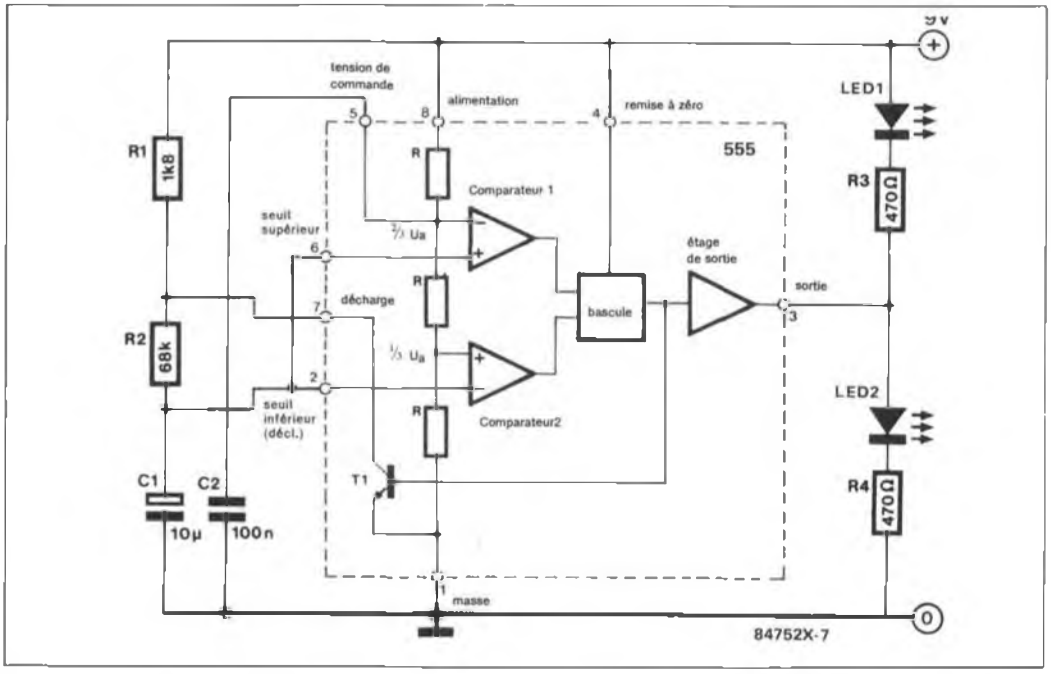


Figure 7 - Les deux LED de ce montage clignotent alternativement à la fréquence de 1 Hz.

Dans la plupart des applications il est inutile de prévoir une amplification des signaux de sortie du 555. Le courant de sortie maximal du circuit intégré est de 200 mA. Ce courant important permet de commander directement des relais, des LED, voire même des ampoules à incandescence. Le montage de la **figure 7** est un exemple d'utilisation directe de la puissance de sortie. Les LEDs clignotent alternativement, leur courant est limité par les résistances de 470 Ω.

La commande du 555 peut se faire par tous les circuits intégrés TTL ou CMOS. Il s'alimente alors sous la même tension que les circuits logiques. Les principales caractéristiques électriques sont reprises dans le **tableau 1**.

Tableau 1

	valeur minimale	valeur typique	valeur maximale
tension d'alimentation broches 1-8	4,5 V		18 V
Consommation (broche 8) sans charge à la broche 3			
U_A = 5 V		3,0 mA	5,0 mA
U_A = 15 V		10,0 mA	12,0 mA
Courant de sortie (broche 3)			200 µA
Courant de commande (broche 2)		0,5 µA	
Courant de commande (broche 6)		0,1 µA	
Courant de fuite (broche 7)		0,1 µA	

Tableau 1 - Les caractéristiques d'alimentation et de fonctionnement les plus importantes du 555. La consommation de courant des entrées doit être prise en compte lors de l'utilisation de résistances de forte valeur avec la version bipolaire du 555. Un courant de 0,1 µA (10^{-7} A) –et c'est ce que consomme une entrée– provoque une chute de tension de 1 V dans une résistance de 10 MΩ. Le courant de fuite du transistor de décharge connecté à la broche 7 traverse lui aussi la résistance de charge et modifie les temps.

pourquoi et comment oscillent-ils ?

Quiconque s'intéresse un tant soit peu au principe d'un oscillateur quel qu'il soit, finit par penser au mouvement perpétuel. Notamment parce que ce qui caractérise tout oscillateur est la rétroaction de la sortie sur l'entrée. L'effet devient cause quand une partie du signal de sortie est réinjectée à l'entrée.

La cause produit l'effet qui devient cause

Examinons l'oscillateur à multivibrateur astable de la **figure 1**, construit autour d'un inverseur à trigger de Schmitt (le seuil de basculement à l'entrée n'est pas le même lors du passage du niveau bas au niveau haut que lors du passage du niveau haut au niveau bas). La réinjection d'une partie du signal de sortie doit être effectuée avec un certain décalage (la cause précède l'effet lequel ne peut devenir cause à son tour qu'un peu plus tard).

C'est la durée de la charge et de la décharge du condensateur C du réseau de temporisation RC qui détermine le décalage entre l'apparition d'un niveau donné à la sortie et son application à l'entrée. Ceci n'est possible dans ces conditions qu'avec un circuit intégré à entrées en trigger de Schmitt.

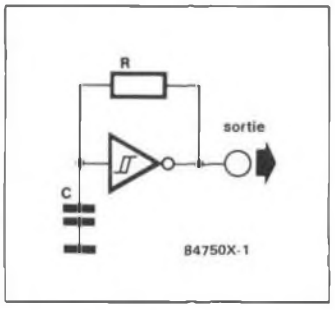


***Figure 1 - L'oscillateur à opérateur logique avec entrée en trigger de Schmitt est le plus simple qui soit. Il réunit les conditions sine qua non* de l'oscillation : rétroaction, gain (le circuit intégré est un composant actif) et déphasage (RC).**

Quand par exemple la sortie passe au niveau haut, c'est parce que l'entrée de l'inverseur est basse, le condensateur est par conséquent déchargé. La tension de sortie va permettre à un courant de charger C à travers R. Dès que la charge de C atteint le seuil de basculement de l'inverseur, celui-ci fait passer sa sortie au niveau bas. Maintenant le condensateur C se décharge à travers R.

La première condition de l'oscillation est, nous venons de le voir, la rétroaction, la seconde est la temporisation (= le retard, le décalage). Quelle est la troisième ?

Compenser les pertes de la boucle

Il faut que l'élément qui bascule soit actif, c'est-à-dire qu'il amplifie assez pour compenser les pertes dans la boucle de réinjection. S'il n'est pas capable de fournir plus d'énergie que celle qui est indispensable pour activer l'entrée, le circuit oscillera certes à vide, mais s'arrêtera aussitôt qu'on lui demandera de fournir un signal à un autre circuit. L'élément actif doit disposer d'une certaine réserve d'énergie.

La pratique nous apprend que même s'ils remplissent les conditions énoncées ici, les oscillateurs n'oscillent pas toujours. Examinons le multivibrateur astable à deux inverseurs de la **figure 2**. Il est construit comme le multivibrateur astable à transistors dont il a déjà souvent été question dans ELEX et dont nous reparlons dans ce numéro. L'amplification est assurée par les deux inverseurs, nous avons bien les réseaux RC temporisateurs et le circuit oscille. Le défaut d'un tel circuit est son comportement imprévisible lors de la mise sous tension ; souvent l'oscillation n'intervient pas spontanément parce que les deux inverseurs sont dans le même état.

Il vaut mieux adopter la configuration de la **figure 3** qui permet d'utiliser des opérateurs sans entrée à trigger de Schmitt. Le principe fondamental reste le même que celui de la figure 1 : charge et décharge du condensateur.

Il en va de même d'ailleurs pour celui de la **figure 5** construit à l'aide d'opérateurs NON-ET, utilisés l'un en inverseur, l'autre en inverseur commandé par une entrée active au niveau "1".
La fréquence d'oscillation d'un tel oscillateur peut être déterminée à l'aide de la formule :

$$f = \frac{1}{2 \cdot R \cdot C}$$

L'abaque de la **figure 4** donne une vue d'ensemble du rapport entre la valeur des résistances et des condensateurs et la fréquence d'oscillation. Avec des opérateurs TTL la valeur recommandée pour R est de 330 Ω. Avec des opérateurs CMOS, la valeur de R

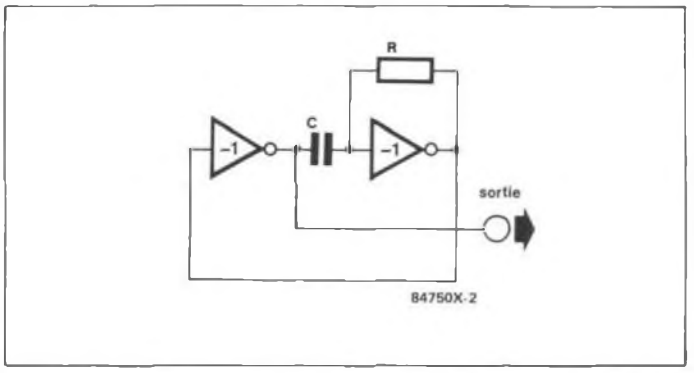


Figure 2 - En principe ça marche, en pratique ça ne démarre pas toujours comme il faudrait. Un circuit à éviter puisqu'on ne peut pas empêcher que des deux opérateurs soient éventuellement dans la même configuration lors de la mise sous tension.

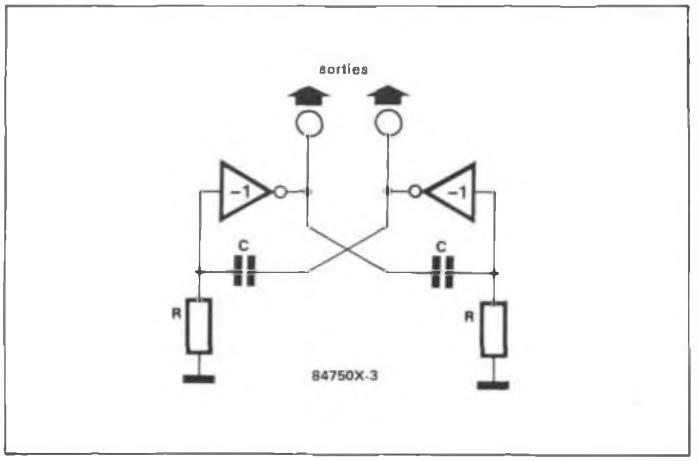


Figure 3 - Le circuit de la figure 1 ne fonctionne que si les seuils de commutation à l'entrée de l'opérateur sont différents comme c'est le cas sur un opérateur à entrée en trigger de Schmitt. Un deuxième opérateur permet de s'affranchir de cette obligation. Dès lors on peut utiliser des opérateurs ordinaires.

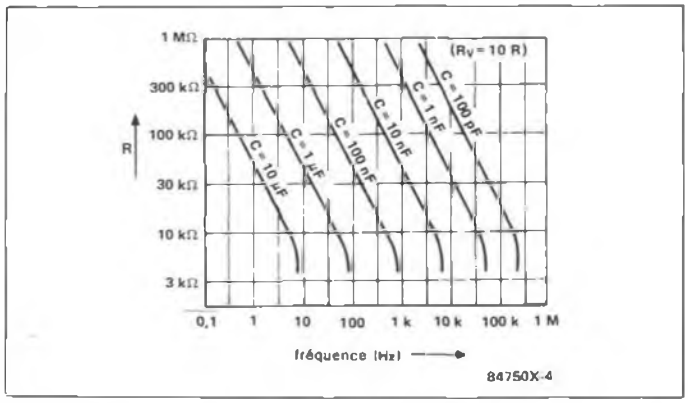


Figure 4 - Abaque établissant le rapport entre les composants du réseau de déphasage et la fréquence d'oscillation d'un multivibrateur comme celui de la figure 3 ou celui de la figure 5 réalisés avec des opérateurs logiques de la famille CMOS.

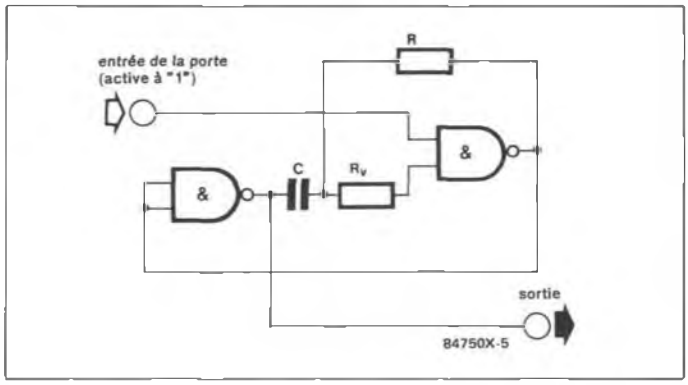


Figure 5 - Le circuit de la figure 3 réalisé avec des opérateurs NON-ET. L'une des entrées de l'un des opérateurs peut servir d'entrée de commande pour bloquer l'oscillateur (quand elle est au niveau bas).

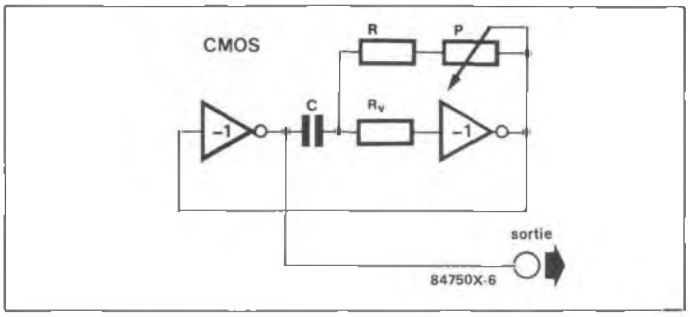


Figure 6 - Selon le rapport de la valeur de P et de R, le curseur du potentiomètre permet de faire varier la fréquence de l'oscillateur sur une plage plus ou moins étendue.

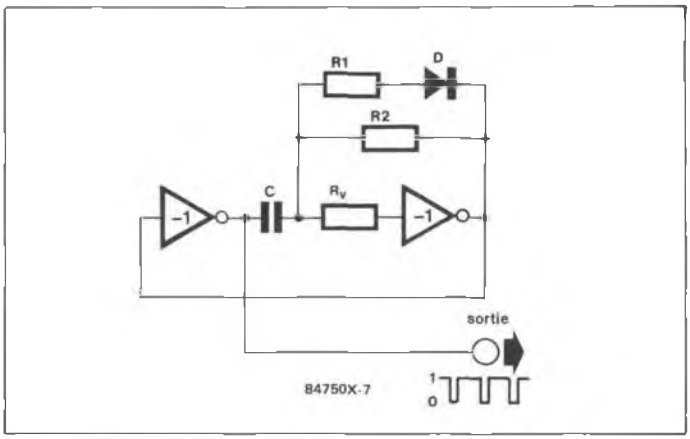


Figure 7 - Pour obtenir un rapport asymétrique entre les impulsions et les intervalles qui les séparent, il suffit de placer en parallèle sur la résistance du réseau RC une deuxième résistance montée elle-même en série avec une diode de façon à raccourcir la durée de la charge du condensateur par rapport à la durée de sa décharge (ou inversement).

peut varier entre 10 kΩ et 10 MΩ. La valeur de la résistance de limitation de courant R_v du circuit de la figure 5 doit être environ 10 fois celle de la résistance du circuit RC.

Avec le circuit de la **figure 6** nous abordons le domaine des oscillateurs à fréquence variable ; P est monté en série avec une résistance-talon, il permet de régler la fréquence de l'oscillateur.

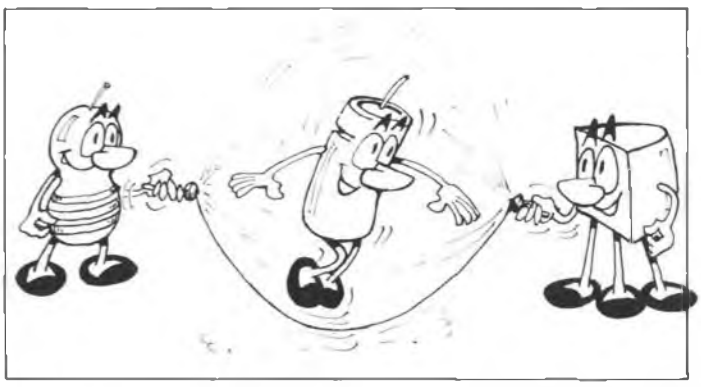
Asymétrie des demi-périodes

Sur la **figure 7** deux résistances sont montées en parallèle, et l'une d'entre elles est elle même montée en série avec une diode. Le courant ne peut circuler que dans un sens à travers la diode. La résistance R1 n'est donc en parallèle sur R2 que lorsque le condensateur se décharge, c'est-à-dire quand la sortie de l'inverseur de droite passe au niveau bas. Cette décharge sera plus rapide que ne l'est la charge du condensateur : en effet quand la sortie de l'opérateur de droite passe au niveau haut, le courant ne peut circuler qu'à travers R2.

La réduction de la durée de la décharge par rapport à celle de la charge se traduit accessoirement par une augmentation de la fréquence d'oscillation par rapport à ce qu'elle serait avec des temps de charge et de décharge égaux ; ce qui est plus important, c'est qu'elle donne naissance à une asymétrie de ce que l'on appelle le rapport cyclique. Normalement, quand le rapport est de 50% les impulsions et les intervalles qui les séparent sont de durée égale. Avec la diode et selon la valeur de R1 par rapport à celle de R2, les intervalles vont être raccourcis par rapport aux impulsions (ou inversement).

Voici deux remarques finales. La première concerne le circuit de la **figure 3**. Si vous avez déjà un peu l'habitude des schémas électroniques, vous vous êtes peut-être inquiété en ne reconnaissant pas de schéma familier parmi ceux qui vous ont été proposés depuis le début de cet article. C'est tout simplement parce qu'en pratique, ce circuit est représenté comme on le voit sur la **figure 8.** L'autre remarque concerne la nécessité de la réinjection ou rétroaction doublée d'un décalage, ou temporisation, ou . . . eh bien, utilisons le terme qui convient : déphasage. Avec nos oscillateurs à réseau RC, cette caractéristique devrait maintenant aller de soi ; en revanche vous pourrez voir ailleurs dans ce numéro qu'il est des oscillateurs, l'oscillateur Colpitts par exemple, qui n'oscillent justement que si le signal réinjecté à l'entrée est dans un rapport de phase bien précis avec le signal de sortie. Ce sont des oscillateurs . . . à réseau oscillant LC.

84750



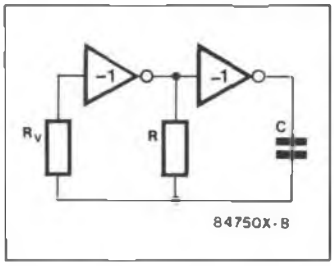


Figure 8 - Voilà comment on représente normalement l'oscillateur de la figure 3. Sous cet aspect-là, vous le reconnaissez, n'est-ce pas ?

ATLANTIS

petit récepteur à ondes courtes

N'est-il pas quelque peu prétentieux de vouloir décrire dans cette revue de débutants, pour intéressante qu'elle soit par ailleurs, un récepteur à ondes courtes, projet délicat s'il en est ? C'est à peu près dans ces termes que s'est posée la question de savoir si les lecteurs d'ELEX sont capables de réaliser un récepteur pas tout à fait simple. Il est vrai que les mégahertz ne se manipulent pas comme les fréquences audibles.

La réponse est venue de notre laboratoire sous la forme d'un récepteur simple à construire, facilement reproductible, sans composant trop spécialisé, et qui procure cependant une écoute confortable.

Voici donc un montage qui vous permettra d'expérimenter dans le domaine des hautes fréquences et de la réaction en HF (sujet qui fait l'objet d'un autre article dans ce numéro). Il ne s'agit pas de comparer notre récepteur aux "récepteurs de trafic" des radio-amateurs ou des professionnels, mais ses qualités de réception sont étonnamment bonnes, eu égard au peu de moyens mis en oeuvre. Le numéro 10 d'ELEX consacré aux Hautes Fréquences avait été accueilli avec enthousiasme par de nombreux lecteurs ; cela nous a encouragés à persévérer.

Parmi les points remarquables de la conception, il faut noter que les bobinages interchangeables permettent d'avoir des gammes relativement étalées sans recours à des commutateurs compliqués, difficiles à trouver, et dont les capacités réparties sont nuisibles au bon fonctionnement de l'ensemble.

La théorie du montage à réaction a déjà été examinée dans ELEX lors de la description d'un récepteur pour grandes ondes dans le n°10 et elle est reprise en détail dans ce numéro. Nous allons donc vous prendre par la main et attaquer la construction bille en tête, en procédant à des vérifications au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

La construction de l'amplificateur

Le récepteur est constitué de deux sous-ensembles, construits chacun sur une platine d'expérimentation.

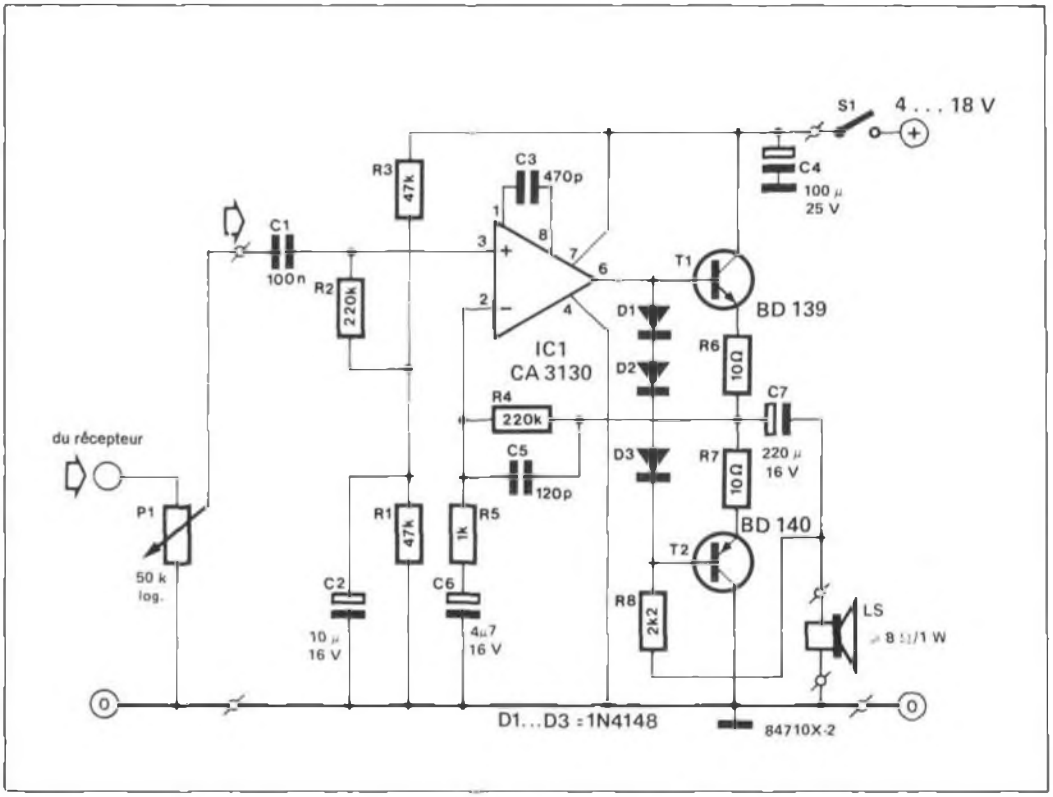
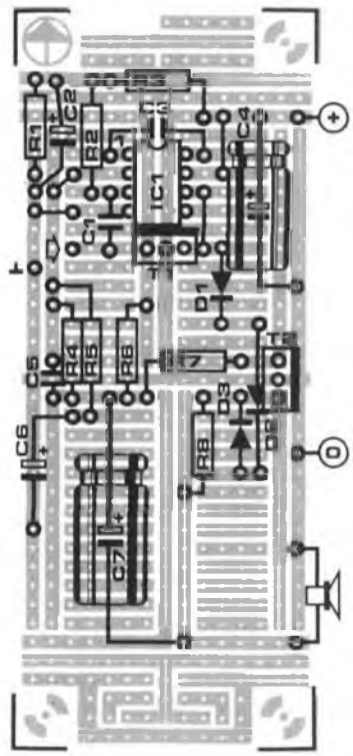


Figure 2 - Le schéma de la partie amplificateur BF. Il s'agit d'un amplificateur opérationnel quelque peu «gonflé» par deux transistors en sortie. Les transistors fonctionnent l'un et l'autre en suiveurs de tension. Ils débitent le courant nécessaire à la charge et que l'amplificateur opérationnel ne peut pas fournir. C'est une nouvelle variation sur le thème de l'ampli pouche-poule.



LISTE DES COMPOSANTS
Récepteur OC
L'amplificateur

R1,R3 = 47 kΩ
R2,R4 = 220 kΩ
R5 = 1 kΩ
R6,R7 = 10 Ω
R8 = 2,2 kΩ
P1 = 50 kΩ (47 kΩ) log.
C1 = 100 nF
C2 = 10 µF/16 V
C3 = 470 pF
C4 = 100 µF/25 V
C5 = 120 pF
C6 = 4,7 µF/16 V
C7 = 220 µF/16 V
D1,D2,D3 = 1N4148
T1 = BD139
T2 = BD140
IC1 = CA3130 (DIL)

1 haut-parleur 8 Ω/0,5 W

Divers:
1 platine d'expérimentation de format 1
support pour IC1
interrupteur
1 pile 9 V ou 2 piles 4,5 V (avec coupleur)
éventuellement:
fiche femelle pour casque
casque d'écoute

Figure 3 - Nous vous conseillons de respecter cette implantation de l'amplificateur. Elle a donné toute satisfaction sur nos prototypes.

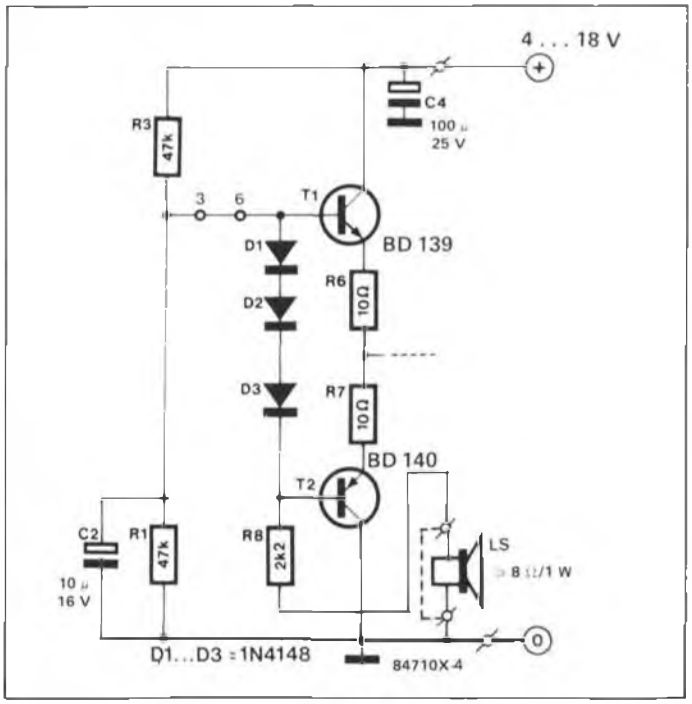


Figure 4 - Un petit rappel sur le fonctionnement de l'étage de sortie pouche-poule : T1 est conducteur pour les tensions de sortie comprises entre 4,5 et 9 V, T2 pour les tensions comprises entre 0 V et 4,5 V. Ces valeurs sont toutes théoriques, il existe des tensions de seuil et des tensions de saturation pour donner un peu de sel à la vie des elextroniciens. Le principe du test consiste à relier l'entrée de l'étage (la base de T1) à une source de tension connue (ici le noeud R1/R3) et à vérifier que toutes les jonctions sont polarisées normalement.

Il s'agit de la platine de réception d'une part, et de la platine d'amplification d'autre part. Il faut bien commencer par un bout, et comme l'amplificateur nous permet de tester le reste du montage, nous commençons par la platine d'amplification des **figures 2** et **3**. Elle aussi sera testée tout au long de la construction. Ayez donc votre multimètre à portée de main dès le début.

Implantez et soudez dans l'ordre : le support de circuit intégré (sans le CI), le coupleur de pile (en veillant à la polarité) avec un interrupteur dans la ligne positive, les résistances R1, R2, R3, les condensateurs C2 et C4 (attention à la polarité). Une pile compacte de 9 V convient, mais deux piles plates de 4,5 V montées en série dureront plus longtemps et seront plus économiques.

Mesurez la tension (9 V) entre les connexions d'alimentation, puis entre la masse (pôle négatif) et le noeud R1/R2/R3/C2. Les deux résistances R1 et R3 divisent la tension par 2, soit 4,5 V. Avec un multimètre de 20 kΩ par volt, vous lisez environ 3 V sur R2. C'est normal puisque le courant consommé par le multimètre provoque une chute de tension dans R2. A partir de maintenant, vous débranchez la pile pour procéder aux opérations de soudure, puis vous la rebranchez pour effectuer les tests et mesures indiqués, et vous la débranchez pour passer à l'étape suivante de la construction.

Installez T1, T2, R6, R7, R8, D1, D2, D3; connectez le haut-parleur (ou un pont) selon la **figure 4**. Il s'agit de l'étage de sortie de l'amplificateur. Pour le test, la base de T1 sera reliée provisoirement au noeud R1/R3.

La tension du diviseur tombe à quelque 2,4 V, les trois diodes D1 à D3 conduisent, avec chacune une tension de 0,5 V. La tension de sortie au noeud R6/R7 est inférieure d'environ 1 V, soit 1,4 V. Si les deux transistors sont en bon état et raccordés correctement (que vous n'avez pas interverti le NPN et le PNP), chacun voit une tension de quelque 0,6 V entre sa base et son émetteur. Cet étage pouche-poule est un suiveur de tension pour IC1. Connectez la base de T1 à une pile de 4,5 V au lieu du diviseur R1/R3, la tension de sortie passera à 3,5 V.

Retirez les connexions provisoires, branchez le haut-parleur et insérez délicatement le circuit intégré dans son support. Raccordez le multimètre entre la masse et la sortie de l'amplificateur (noeud R6/R7). Mettez sous tension : l'aiguille indique 4,5 V. Cette tension est celle du diviseur R1/R3, elle est appliquée à l'entrée non-inverseuse (broche 3) de l'amplificateur opérationnel. La jonction des diodes et la jonction base-émetteur des transistors T1 et T2 présentent une tension de 0,7 V.

Si vous mettez un conducteur quelconque (fil volant ou lame de tournevis) en contact avec la broche 3 d'IC1, vous entendrez un ronflement dans le haut-parleur. Ce ronflement est dû au signal à 50 Hz du secteur capté par le fil ou votre corps (agissant comme antenne) et amplifié par notre montage. Il est même fort probable que vous entendiez la station de radio en grandes ondes la plus proche (France-Inter, Monte-Carlo, Luxembourg, Europe 1, Deutschlandfunk ou BBC, selon votre situation

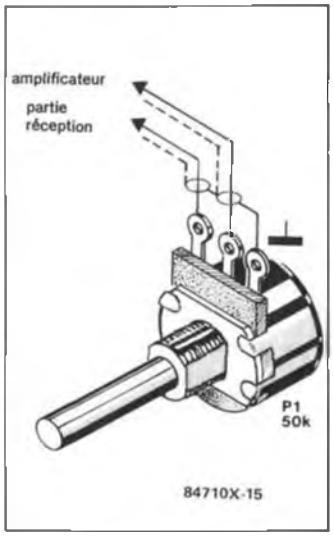


Figure 5 - Les broches d'un potentiomètre logarithmique ne sont pas équivalentes; raccordez ainsi le potentiomètre de volume.

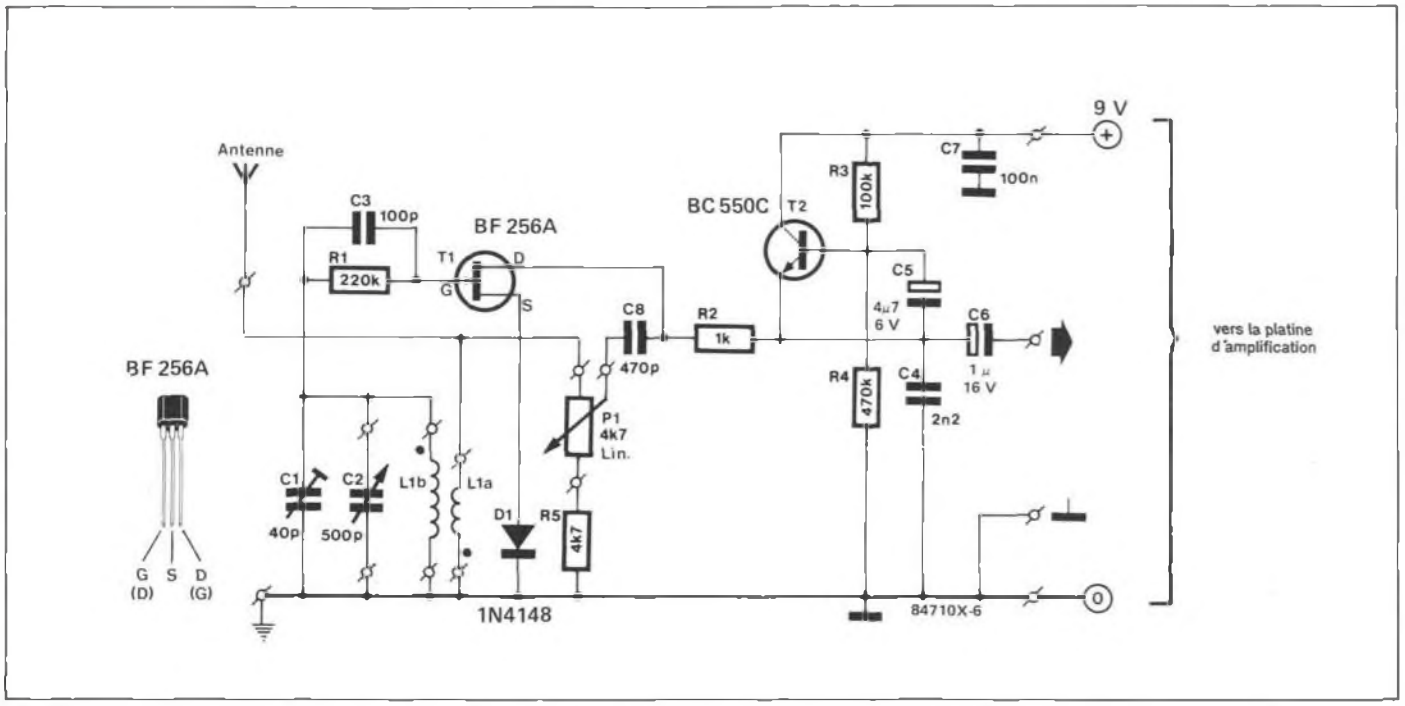


Figure 6 - Simple et efficace. Aucun composant superflu dans ce schéma de la partie réception d'Atlantis.

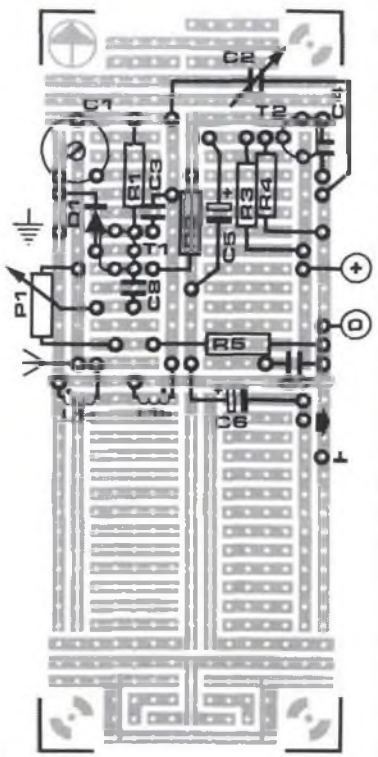


Figure 7 - Les détails de montage des condensateurs variables et de la prise des bobines ne sont pas visibles sur ce dessin. Il faut vous reporter au texte. Tout le reste est évident, car la platine de format 1 est loin d'être surchargée.

Le récepteur
R1 = 220 kΩ
R2 = 1 kΩ
R3 = 100 kΩ
R4 = 470 Ω
R5 = 4,7 kΩ
P1 = 4,7 kΩ (5 kΩ) lin.
C1 = 40 pF aj.
C2 = 500 pF var.
C3 = 100 pF
C4 = 2,2 nF
C5 = 4,7 µF/16 V
C6 = 1 µF/16 V
C7 = 100 nF
C8 = 470 pF
D1 = 1N4148
T1 = BF256A
T2 = BC550C
IC1 = CA3130 (DIL)

Divers:
1 platine d'expérimentation de format 1
1 fiche DIN châssis femelle à 5 broches
3 fiches DIN mâle à 5 broches
coffret métallique

1 pile 9 V ou 2 piles 4,5 V (avec coupleur)
éventuellement:
fiche femelle pour casque
casque d'écoute

géographique). L'amplificateur fonctionne, mais ce n'est pas précisément les grandes ondes que nous voulions recevoir. Vous allez donc monter C3, C5, R5, C6 et C1.

Revérifiez les tensions et essayez de provoquer le ronflement en touchant le condensateur d'entrée C1. Raccordez le potentiomètre de volume P1 (47 kΩ log.) par deux petits câbles blindés, le blindage à la masse. La manoeuvre de P1 vous permet de faire varier le volume du ronflement que vous provoquez en touchant l'extrémité du fil destiné à amener le signal du récepteur («point chaud»). L'amplificateur est maintenant terminé. Il a été étudié pour notre récepteur ATLANTIS, mais il peut convenir à une foule d'autres applications.

La partie réception

Le récepteur proprement dit est monté sur une deuxième platine de format 1, selon les **figures 6** et **7**. Ne confondez pas les plans d'implantation des deux platines.

Commencez pas établir les connexions d'alimentation, c'est-à-dire la liaison avec la platine d'amplification, puis soudez C7. Vérifiez que la tension d'alimentation est présente avec la bonne polarité. Le rôle de C7 est d'empêcher la propagation vers l'amplificateur, par les fils d'alimentation, des parasites produits par la platine de réception.

Montez R2, R3, R4 et T2. Mesurez la tension entre la masse et l'émetteur de T2 (**figure 8**). Vous devez lire environ 7 V. Cette valeur tombe à 6 V quand on relie R2 à la masse. Le transistor travaille en source de tension constante, ce qui explique la stabilité relative de la mesure. La référence de tension est donnée par le diviseur R3/R4. Supprimez la connexion provisoire de R2 à la masse.

Montez C4, C5, C6 en observant la polarité pour

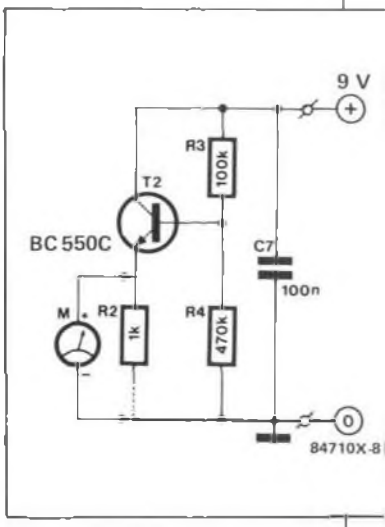


Figure 8 - Le transistor T2 constitue une source de tension quasi constante pour l'étage amplificateur détecteur.

les deux derniers. Répétez les mesures de l'étape précédente. Les résultats ne doivent quasiment pas changer. Le condensateur C4 court-circuite à la masse les signaux à haute fréquence qui sans lui seraient transmis à l'amplificateur par C6.

Montez le transistor à effet de champ T1 et la diode D1. Le brochage de T1 n'est pas le même chez tous les fabricants ; vous avez donc intérêt à vous le faire préciser par votre revendeur. Vous pouvez éventuellement vérifier à l'ohmmètre. Avec le cordon positif de l'ohmmètre relié à la grille (G), il y a conduction, et déviation de l'aiguille, aussi bien vers la source que vers le drain, jamais dans les autres cas. Soudez le câble blindé provenant du potentiomètre de volume : l'âme (conducteur central) à la sortie, et le blindage à la masse. La tension sur le drain de T1 (liaison avec R2) doit être de 6 V environ, sur la source (liaison avec D1) de 0,6 V. Le FET (abréviation anglaise pour Transistor à Effet de Champ) travaille en amplificateur (**figure 9**), et le haut-parleur ronfle dès qu'on touche la grille, voire dès qu'on s'en approche si le potentiomètre de volume est tourné à fond. Soudez R1 et C3; le haut-parleur ronfle dès que l'on touche R1/C3.

Montez le condensateur ajustable C1 en veillant à raccorder à la masse celle des armatures qui est reliée à la vis de réglage. Connectez le condensateur variable C2 par deux fils courts à la platine et à la prise DIN à cinq pôles (**figure 10**). L'une des armatures de C2 est raccordée à l'axe de réglage : c'est celle-là que vous devez relier à la masse du montage. Vous pouvez aussi relier directement au condensateur variable les deux cosses de la prise destinées à L1b.

Bobines

La prise DIN dont il est question tout d'un coup est celle qui permet de procéder à un échange rapide et facile des bobinages. Le changement de bobinage permet, comme nous le disions au début, de modifier très simplement la bande de fréquences couverte par le récepteur. C'est nécessaire car la densité des émetteurs est importante en ondes courtes, on trouve un émetteur tous les 5 kHz. Cette densité ne permettrait pas d'accorder précisément le récepteur avec un condensateur variable qui couvrirait toute la gamme des ondes courtes de 1,5 à 30 MHz. En revanche, le principe de la **bande étalée** permet de découper la gamme en tranches et de mieux séparer les différents émetteurs.

Les bobinages seront réalisés selon les indications du tableau 1. Chacun sera réalisé sur un tube de PVC, ou autre matière plastique, de 16 mm de diamètre et de 40 mm de long. Les nôtres l'ont été sur du tube rigide d'installation électrique (gaine). Les spires sont jointives et la longueur de chaque enroulement est déterminée par le diamètre du fil. Les fils de cuivre émaillé (du fil divisé ou toron HF conviendrait mieux) passent par des trous dans le tube, le début et la fin de chaque enroulement sont immobilisés par un peu de colle instantanée (cyano-acrylate), puis soudés à la broche correspondante de la fiche DIN à cinq pôles. Le capot des fiches est inutile, c'est le tube que vous collerez à sa place.

Le raccordement des bobinages est représenté par la figure 10. Le début de

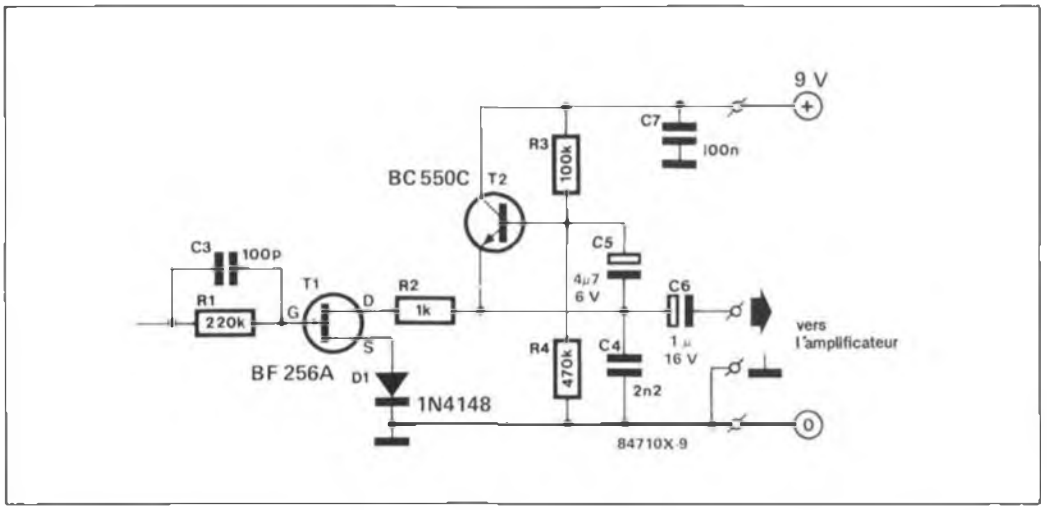


Figure 9 - L'étage de réception fonctionne déjà avant d'être fini. Si vous n'obteniez pas de ronflement en touchant la connexion de grille, il faudrait vérifier votre câblage ou le brochage du FET.

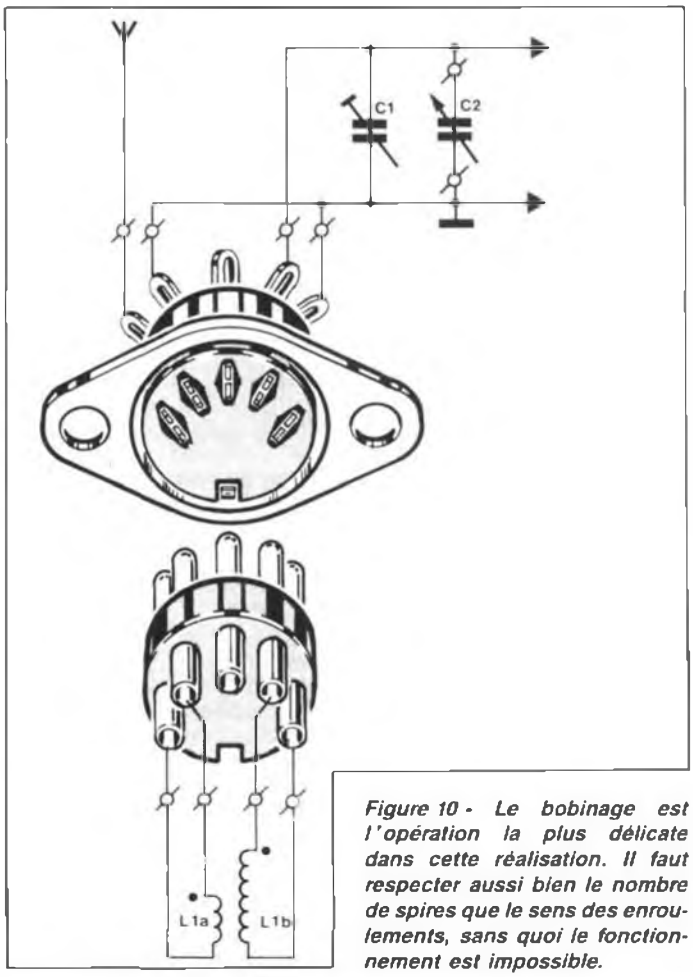


Figure 10 - Le bobinage est l'opération la plus délicate dans cette réalisation. Il faut respecter aussi bien le nombre de spires que le sens des enroulements, sans quoi le fonctionnement est impossible.

Tableau 1

Caractéristiques des bobinages				
bande OC MHz	nombre de spires L1a	diamètre du fil L1a (mm)	nombre de spires L1b	diamètre du fil L1b (mm)
1 à 3	7	0,25	72	0,25
2,5 à 13	3	0,25	24	0,5 ou 0,7
7,5 à 34	2	0,25	8	0,7

Le mandrin est un tube de 4 cm de long et 16 mm de diamètre.
La fiche est une DIN mâle à 5 broches sans capot.

chaque enroulement y est signalé par un point. Conformez-vous exactement à ces indications car le sens relatif des enroulements est important pour que la réaction soit appliquée dans le sens convenable. La **figure 11** détaille le sens d'enroulement des deux bobines : il doit être le même. C'est le haut de la bobine L1a, mais le bas de la bobine L1b, qui sont raccordés à la masse.

Aussitôt confectionnée la bobine pour la bande de 1 à 3 MHz, vous pourrez procéder aux premiers essais de votre récepteur. Raccordez la masse du montage à une prise de terre; ce peut être un tuyau de chauffage central ou une conduite d'eau, mais *surtout pas le conducteur de protection d'une prise de courant*. Raccordez le « point chaud » (celui qui n'est pas à la masse) du bobinage L1b à une antenne constituée de quelques mètres de fil. Vous pouvez déjà recevoir quelques émetteurs, le haut-parleur ronfle si vous touchez la grille du FET. L'accord se fait par C2 (et C1), mais la réception reste faible.

Soudez C8, R5 et les connexions de P1 avec des fils courts. Là aussi, les broches de la prise DIN peuvent être raccordées directement au potentiomètre selon la **figure 12**.

Essais

Le câblage est terminé. Mettez votre Atlantis sous tension et vous entendrez vraisemblablement un sifflement, peut-être après avoir manoeuvré le potentiomètre de réaction de 4,7 kΩ. Le sifflement, caractéristique de la réaction, apparaît et disparaît selon la position du potentiomètre. Si ce n'est pas le cas, il convient de vérifier le raccordement de l'enroulement de réaction et le nombre de spires. Corrigez éventuellement le sens de branchement ou le nombre de spires ou les deux si vous avez été particulièrement distrait.

Vous aurez remarqué la sensibilité extrême du montage à tout mouvement de l'un ou l'autre des composants; cette grande sensibilité est indispensable à la réception d'émetteur lointains. Il est donc inutile de vous expliquer pourquoi il faut installer votre récepteur dans un boîtier solide. Toutes les connexions : bobinages, potentiomètre de réaction, antenne et prise de terre, seront aussi courtes que possible. Le boîtier lui-même sera relié à la masse, le point le mieux adapté est la prise de terre.

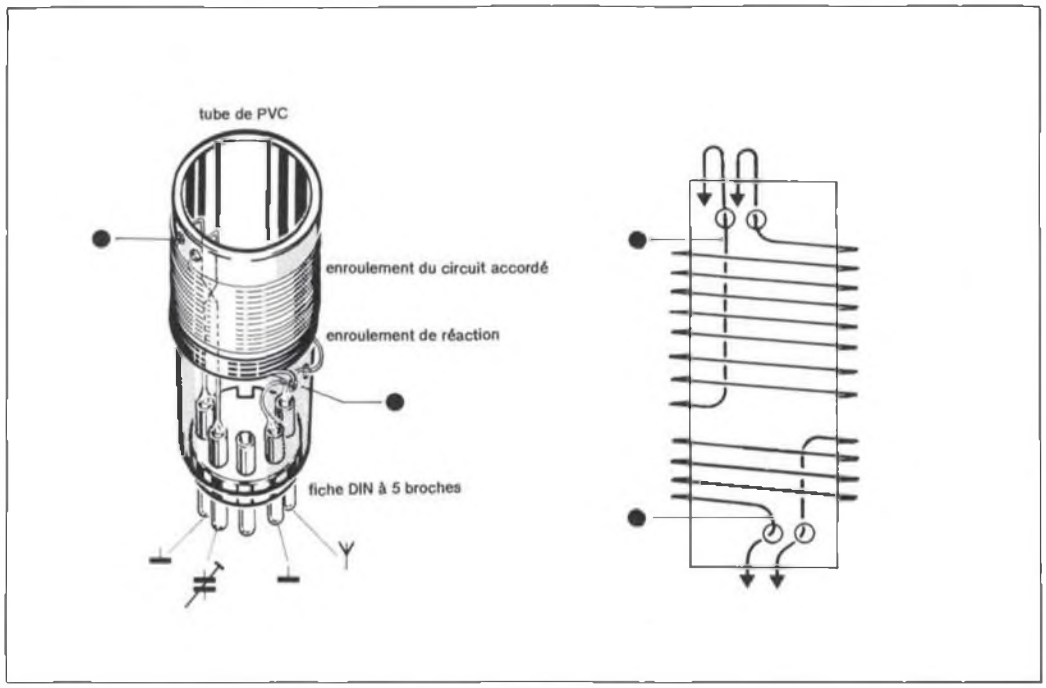


Figure 11 - Le bobinage de L1a et de L1b est effectué dans le même sens. Leur raccordement se fait à l'opposé. Les points indiquent les débuts d'enroulement, tout comme sur le schéma de principe de la figure 6.

Bien que la gamme des ondes courtes soit découpée en quatre bandes, une démultiplication de la commande du condensateur variable C2 est plus que souhaitable. Vous pouvez récupérer un mécanisme sur un vieux poste de radio, de même qu'un condensateur variable destiné aux petites ondes (pour C2).

La puissance de l'amplificateur est suffisante pour actionner un petit haut-parleur, mais elle reste modeste, conformément à ce que peuvent fournir les piles. Bien entendu, il faut réduire le volume si vous écoutez au casque. La consommation atteint quelque 40 mA, et tombe à 20 mA si vous court-circuitez une des diodes D1 à D3 de l'étage de sortie. Vous payerez cette économie d'énergie par une dégradation de la qualité du son.

Utilisation

Les experts se disputent depuis les premiers balbutiements de la TSF sur la question de la longueur optimale de l'antenne. Quelques mètres de fil, lesté d'un poids quelconque et lancé dans un arbre, vous permettront de pêcher dans l'éther des dizaines de stations. La sensibilité d'Atlantis et la qualité de réception dépendent en grande partie du doigté de celui qui le manipule. Plus vous tournez le potentiomètre de réaction et plus la réception est claire et puissante, à condition de ne pas atteindre le sifflement.

Si le récepteur siffle, il faut ramener le potentiomètre légèrement en arrière. Ce point de réglage optimal dépend de la fréquence et doit être recherché chaque fois que vous accordez le récepteur sur une autre station.

Pour l'écoute de stations émettant en Morse ou en BLU, il faut laisser le récepteur osciller. La transmission en **B**ande **L**atérale **U**nique est un mode de modulation particulier, peu encombrant –les émetteurs peuvent être proches les uns des autres– et qui permet de longues portées au moyen de puissances modestes à l'antenne d'émission. Les émissions en BLU sont incompréhensibles avec un récepteur ordinaire ou avec un récepteur à réaction qui n'oscille pas (c'est-à-dire en fonctionnement normal), mais reconnaissables à leur son nasillard.

Les stations qu'il est possible de recevoir sur ondes courtes sont extrêmement nombreuses et il existe des revues spécialisées dans le domaine, de même que des clubs de « SWL » (*short waves listeners* ou auditeurs des ondes courtes). Ces revues et ces clubs vous permettront de connaître les fréquences, les horaires et la langue d'émission de chaque station, de même que les

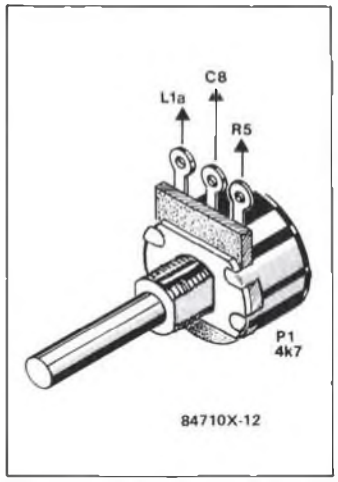


Figure 12 - La construction terminée, faire encore un essai de réception avant la mise en boite définitive.

conditions de propagation en fonction de l'heure, de la saison, de l'activité solaire, etc. Tout un domaine à explorer !

Expériences

Atlantis va combler tous ceux qui aiment les expériences dans le domaine de la radio. Beaucoup de modifications sont possibles sur l'antenne et le circuit oscillant d'entrée. Par exemple connectez l'antenne à L1b au lieu de L1a. Ou bien changez le nombre de spires d'un seul des enroulements. Vous pouvez obtenir une amélioration de la réception en ajoutant un troisième enroulement pour y raccorder l'antenne; le nombre de spires est à déterminer suivant l'antenne que vous utilisez, le sens de raccordement est indifférent, pourvu que vous respectiez le sens relatif de l'enroulement d'accord et de l'enroulement de réaction.

Vous pouvez aussi utiliser le condensateur ajustable C1 comme organe d'accord et obtenir ainsi un réglage fin de la fréquence.

Parlons un peu de C1, le «trimmer» comme on dit outre-Manche et ailleurs aussi. C'est un condensateur variable de faible capacité, sans axe de réglage, mais avec une fente pour un tournevis. Il sert à fixer la gamme d'accord. Il vous faut pour cela un autre récepteur à ondes courtes. Tournez le potentiomètre de réaction d'Atlantis jusqu'à obtenir le sifflement. A partir de ce moment votre récepteur se comporte comme un émetteur de faible puissance. L'émission peut être captée par le second récepteur s'il est assez proche. L'échelle graduée de ce deuxième récepteur vous indique sur quelle fréquence vous émettez et donc quelle fréquence vous recevez. Si des sifflements sont perceptibles à différents endroits de la gamme, c'est le plus puissant qui indique la fréquence recherchée. C'est par la manoeuvre de C1, plus commode que le changement du nombre de spires de L1b, que vous pouvez ajuster les limites de la bande de fréquence reçue.

Avec deux récepteurs identiques, accordés sur la même fréquence et oscillant tous les deux, il est possible de communiquer par radio. Chaque récepteur fait entendre le sifflement émis par l'autre et la manoeuvre du potentiomètre permet d'interrompre le sifflement pour émettre en Morse (à condition de connaître l'alphabet Morse). La portée est ridiculement courte : avec un peu de chance, vous vous ferez entendre dans la pièce voisine. C'est tant mieux car l'émission de signaux radio-électriques est réglementée par l'administration des PTT, dès que la puissance émise dépasse quelques centaines de milliwatts. La puissance d'émission de votre récepteur est suffisamment faible pour ne gêner personne et vous mettre à l'abri des poursuites de l'Administration.

Si l'écoute des ondes courtes vous a ouvert des horizons et que l'émission d'amateur vous tente, il faut prendre contact avec le REF (Réseau des Émetteurs Français) qui est à même de vous guider et de vous renseigner aussi bien sur la technique que sur les dispositions légales.

Bonne écoute.

« Radio Ref »
est la revue des ondes courtes et des radiocommunications publiée par le Réseau des Émetteurs Français

REF
BP2129
37021 TOURS

*

Amitié Radio
BP56
94002 CRETEIL CEDEX

publie « A l'écoute du monde » et « Radiopanorama »

*

Club Européen de DX Radio TV (CEDRT)
Campagne Laugier
Route de Grans
13300 SALON DE PROVENCE

publie « CEDRT Informations »

84710

Ingelor

19, route nationale - 54280 LANEUVELOTTE
Téléphone : **83 29 03 43** - *Telex : 850 024F*

Fabricant de plaques photosensibles
et de machines de mise en œuvre

Nos prix, notre qualité.... Le technicien fait la différence...!

La réaction en haute fréquence

des composants modernes pour un principe ancien

Le principe de fonctionnement de notre récepteur à ondes courtes, la réaction HF, date du temps où les composants actifs des postes de radio étaient des tubes très coûteux. Il fallait trouver des astuces pour faire des économies sur le matériel. La réaction est une de ces astuces.

Défauts

On reconnaît sans grand effort sur la **figure 1** le schéma du récepteur décrit dans ce numéro. Le schéma n'est pas rigoureusement identique, débarrassé qu'il est des détails inutiles à notre propos. Le circuit oscillant L1b/C1.C2 extrait la fréquence à recevoir de la foule de signaux qui se bousculent sur l'antenne. La qualité d'un circuit oscillant simple ne permet pas une bonne réception. La résistance ohmique de la bobine, les soudures, et bien d'autres causes provoquent des pertes de l'énergie reçue.

Ceci a deux conséquences regrettables : la réception perd de sa puissance et le filtre devient moins efficace, moins sélectif. Le facteur Q, ou facteur de qualité, ou coefficient de surtension d'un filtre, diminue quand le rapport entre l'inductance et la résistance ohmique diminue.
Résultat : la bande transmise par le filtre s'élargit et plusieurs émetteurs sont reçus en même temps.

Remèdes

Le premier défaut peut être compensé par une amplification suffisante ; cette fonction est confiée au transistor à effet de champ T1. Une fraction du signal amplifié est ramenée vers le bobinage L1a par le potentiomètre P1. Cet apport d'énergie vient compenser les pertes du circuit oscillant. Comme le signal appliqué à l'enroulement de réaction est en phase avec le signal reçu, le facteur de qualité de l'ensemble s'en trouve rehaussé.
Le dosage de l'énergie de réaction est réalisé par le potentiomètre P1. Le dosage idéal est celui qui réinjecte une quantité d'énergie exactement égale à celle qui est dissipée dans le circuit oscillant.
Si on continue de tourner le potentiomètre et d'augmenter la quantité d'énergie ré-injectée, le circuit se met à osciller (nous vous recommandons de lire aussi dans ce numéro les articles consacrés aux multivibrateurs astables à transistors et à opérateurs logiques).
Ces oscillations sont utiles dans le cas de réception d'émissions en Morse pour lesquelles il n'y a pas de modulation émise. La modulation se fait en tout ou rien, c'est-à-dire que la porteuse est simplement interrompue au rythme des points et des traits. Le sifflement du récepteur à réaction ne se produit que pendant la présence de la porteuse, ce qui la rend audible. Ce fonctionnement n'est pas possible avec un récepteur ordinaire.

Filtré, amplifié, mais inaudible

Nous disposons donc maintenant d'un signal filtré et amplifié, mais toujours inaudible. La porteuse elle-même est inaudible, elle ne sert qu'à transporter une modulation. Il faut démoduler la porteuse, c'est-à-dire la redresser. Dans les postes à tubes, c'était le travail d'une diode ou valve; puis celui de la galène dans les

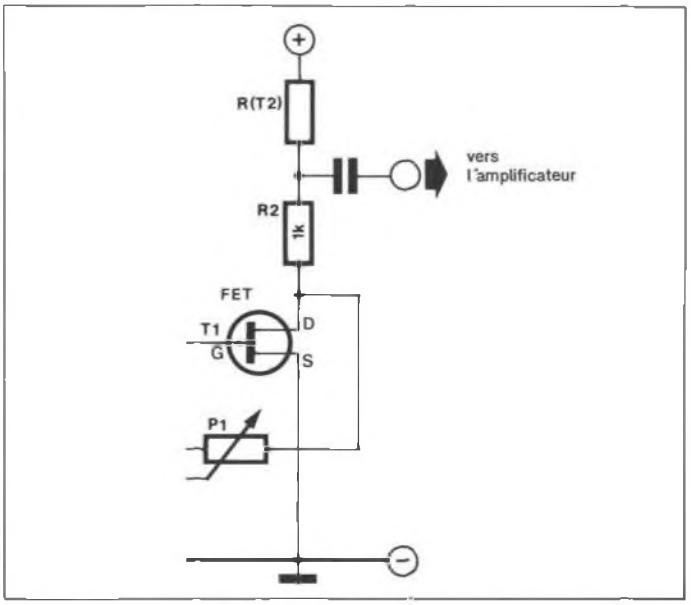


Figure 1 - Le schéma de principe du récepteur à réaction. Le signal capté par l'antenne et filtré par le circuit accordé est amplifié par le FET. Une fraction du signal amplifié est appliquée au circuit oscillant et compense ses pertes. Le FET redresse quelque peu le signal radio, et c'est le signal audible démodulé, parole ou musique, qui est disponible sur le drain et sur R2.

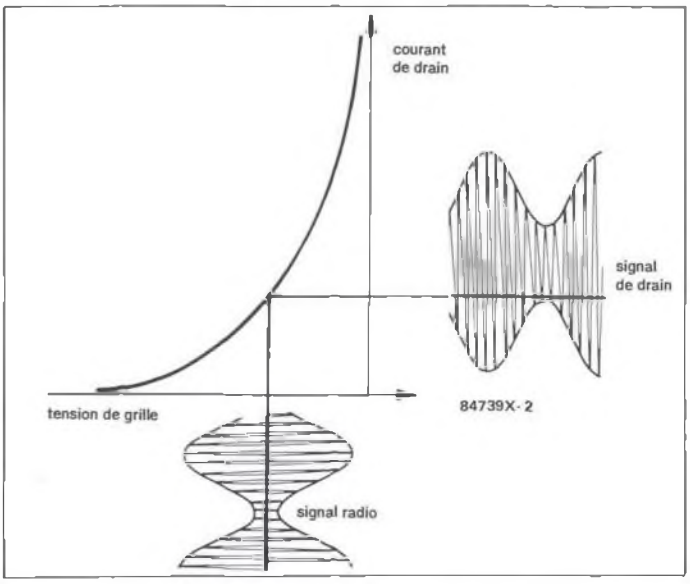


Figure 2 - La courbe caractéristique du FET est fortement incurvée, ce qui explique que les alternances positives du signal radio sont beaucoup plus amplifiée que les alternances négatives. Le redressement résulte de ce que les alternances positives du courant de drain sont supérieures aux alternances négatives : la différence est positive entre les ondulations situées au-dessus de l'axe et celles situées au-dessous.

postes du même nom; enfin celui des semi-conducteurs, diodes au germanium ou au silicium. Comme le récepteur à réaction a été inventé pour économiser les composants, nous allons opérer le redressement avec le même semi-conducteur que l'amplification.

Le FET a une courbe caractéristique fortement incurvée (**figure 2**). La tension de grille (axe horizontal) est négative par rapport à la source et elle pilote le courant de drain (axe vertical). Plus la tension de grille est élevée, plus le courant de drain est intense et inversement. Comme la courbe n'est pas linéaire, les alternances positives sont plus amplifiées que les négatives. Le résultat est un courant de drain alternatif à haute fréquence dont les alternances positives sont supérieures aux alternances négatives. Ce courant est composé de deux parties : le courant redressé correspondant à la modulation, au signal audible, et le courant à haute fréquence qui sert à la réaction.

Ce principe de redressement est très imparfait car il laisse passer une forte proportion de courant alternatif ; mais il convient pour une démodulation et laisse passer le courant alternatif nécessaire à la réaction.
Le courant de drain du FET (ces composants sont de plus en plus utilisés dans les circuits modernes) est transformé en une tension aux bornes de R2 et R(T2). Ces résistances jouent un rôle similaire à celui de la résistance de collecteur dans les montages à transistors bipolaires. La résistance R(T2) n'existe pas dans le montage original ; il s'agit ici de la représentation du montage construit autour de T2. Ce montage se comporte comme une résistance très faible pour le courant continu et très forte pour le courant alternatif. Le gain de l'étage en alternatif est proportionnel à la résistance de la charge. Comme la résistance est élevée, le gain est élevé aussi, ce qui donne une grande sensibilité à l'étage.

FET moi tout

Voilà les différentes fonction du FET dans ce montage à réaction : amplification, démodulation, amélioration du facteur de qualité du filtre par la réaction en haute fréquence. Pouvoir s'en remettre à un seul tube pour remplir toutes ces fonctions représentait une économie substantielle à l'époque où le montage a été inventé. 84739

ELEXPERT

La mise en oeuvre des plaques de circuit imprimé photosensibles

La réalisation des circuits imprimés par les méthodes industrielles garantit une qualité constante. Il est très difficile d'être sûr du résultat quand on utilise, pour la fabrication d'un circuit unique ou d'un prototype, des méthodes intermédiaires entre l'artisanat et le bricolage. La différence tient uniquement à la méthode puisque les produits utilisés sont les mêmes. Il nous faut donc, avec nos méthodes « amateur », redoubler d'attention et de soin pour compenser les insuffisances de nos matériels.
Ingelor, fabricant de plaques et de matériels pour le circuit imprimé, nous fait part de quelques conseils précieux.
La couche photosensible qui recouvre le cuivre présente deux caractéristiques principales : elle se détruit par exposition aux rayons ultra-violets, et elle résiste aux acides que sont les agents de gravure.

Vue d'une partie des installations de fabrication en continu de plaques photosensible des Éts INGELOR à Laneuvelotte près de Nancy.

1. L'insolation

L'insolation s'effectue au moyen de tubes fluorescents riches en ultra-violet. La longueur d'onde précise est importante, de même que la distance entre le tube et la surface à insoler. Ces deux impératifs doivent être respectés par le fabricant du chassis d'insolation.
Les tubes vieillissent relativement vite. Comme la quantité de lumière actinique qu'ils émettent est impossible à évaluer à l'oeil, l'opérateur doit procéder périodiquement à un étalonnage au moyen d'une gamme de gris étalon.
Outre la diminution de la quantité de lumière, un changement du spectre émis se manifeste aussi, et la lumière devient de moins en moins riche en ultra-violet dans la bande qui nous intéresse. Les tubes doivent être remplacés dès que leurs extrémités deviennent noires.
Le typon utilisé doit être aussi contrasté que possible. Le contraste doit se juger en fonction de la lumière ultra-violette et non de la lumière blanche. Ainsi les films diazoïques qui présentent une image brune et translucide arrêtent davantage les rayons ultra-violets qu'un mauvais film photographique dont le trait est gris et non noir.
La couche qui porte l'image à reproduire doit être placée contre la surface sensible pour éviter la diffraction dans l'épaisseur du support. L'idéal est un film « reprophane » de 7/10 mm d'épaisseur, muni d'une couche sensible sur chaque face.
Les matériels d'insolation professionnels comportent une pompe à vide qui assure un contact parfait entre les deux surfaces.

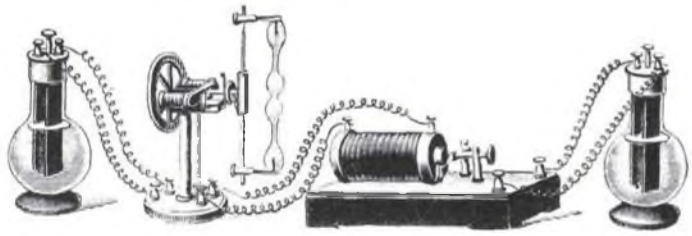
2. Développement

S'il est vrai que la plupart des produits basiques (pH supérieur à 12) produisent un développement, des résultats de qualité ne peuvent guère être obtenus qu'avec le révélateur adapté à la couche utilisée.

La température du bain est déterminante, car son « agressivité » varie fortement entre 15 et 25°C.
- en-dessous de 15°C : quasi impossibilité de développer
- à 20°, une immersion de 20 secondes est nécessaire et suffisante
- à 25°, 5 secondes sont presque trop et il faut de bons réflexes pour sauver la plaque

Le dépassement de temps a des conséquences importantes bien que souvent invisibles à l'oeil. L'épaisseur de la couche est fixée lors de la fabrication à la valeur très précise de 4 microns, car une épaisseur supérieure diminuerait la résolution maximale. Un développement excessif, dû à une élévation de température ou à un dépassement de temps, réduit cette épaisseur à 3, voire 2 microns, et rend la couche plus vulnérable à l'agent de gravure. Adieu alors aux pistes les plus fines du circuit imprimé, adieu à la netteté des bords !
C'est de gravure de circuits imprimés que la société Ingelor nous parlera le mois prochain.

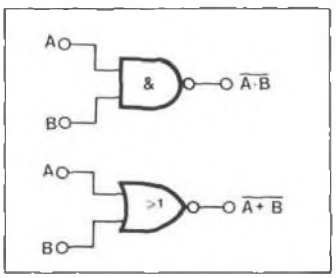
élixir



La nécessité d'une rubrique comme celle-ci s'est fait sentir dès le deuxième numéro d'ELEX. Le propre d'un magazine d'initiation est d'évoluer, incitant ses lecteurs à faire des progrès.
Mais qu'en est-il des lecteurs qui prennent le train en marche? Ceux-là doivent pouvoir disposer d'un condensé de qui est déjà familier aux lecteurs fidèles. C'est pourquoi nous vous offrons l'élixir magique qui vous permet d'ingurgiter en l'espace de quelques minutes ce qu'il faut des semaines, des mois, voire des années pour assimiler.

Symboles

Dans les schémas, nous utilisons des symboles dont certains, notamment ceux que nous utilisons pour les opérateurs logiques, ne sont pas conformes aux normes les plus récentes. Ce choix est délibéré et justifié. Néanmoins nous ne ferons pas ici l'exposé détaillé des raisons de ce choix.



Dans la rubrique composants de ce numéro vous trouverez facilement à quoi correspond chaque symbole, et très vite vous les connaîtrez tous par coeur.

Valeurs

Nous n'utilisons pas de virgule lorsque nous indiquons la valeur de résistance ou de capacité, mais le symbole lui-même (pour 5,6 Ω nous écrirons 5Ω6), ceci afin d'éviter tout risque de confusion entre un point ou une virgule et ... une «chiure de mouche» (5Ω6 ne pourra jamais être confondu avec 56 Ω, ce qui n'est pas garanti si l'on écrit 5,6 Ω).
Les lettres utilisées sont les suivantes :

p (pico) = 10^{-12}
n (nano) = 10^{-9}
μ (micro) = 10^{-6}
m (milli) = 10^{-3}
k (kilo) = 10^{3}
M (méga) = 10^{6}
G (giga) = 10^{9}

Note : Le **k** majuscule est réservé aux KILO-OCTETS de l'informatique. Dans ce cas, la lettre K désigne non pas 1000 unités, mais 1024!

Voici quelques exemples de la manière dont les valeurs sont codées dans ELEX :
3k9 pour 3,9 kΩ = 3900 Ω
0Ω33 pour 0,33 Ω
4p7 pour 4,7 pF
5n6 pour 5,6 nF
4μ7 pour 4,7 μF

Mesure

Dans certains schémas apparaissent des relevés de mesure. Ce sont des valeurs indiquées à titre indicatif. Les valeurs mesurées peuvent en dévier de ±10% sans que cela indique forcément un défaut. Toutes les mesures sont effectuées avec un multimètre ordinaire dont la résistance interne est de 20 kΩ/V.

Réalisations

Les schémas de réalisations électroniques publiés dans ELEX sont petits, simples et relativement faciles à comprendre. Il sont montés sur des platines expérimentales conçues spécialement pour permettre une mise en oeuvre universelle, mais aussi pour éviter de recourir aux films, aux supports transparents, aux platines présensibilisées et aux produits chimiques.
Si le lecteur possède quelques platines en stock au moment où il achète le magazine, il peut se lancer aussitôt dans les expérimentations pratiques. Pour supprimer tout risque d'erreur, chaque réalisation fait l'objet au laboratoire d'ELEX d'une étude d'implantation des composants. De là naît un plan d'implantation des composants qui est publié dans le magazine. Ces plans sont vus de dessus : ils montrent par conséquent la platine côté composants (et la face comportant les pistes de cuivre étamées apparaît par "transparence")
Pour certains montages, il suffit d'une chute de platine d'expérimentation. La découpe sera effectuée de préférence à l'aide d'une scie à métaux fine et bien affûtée.

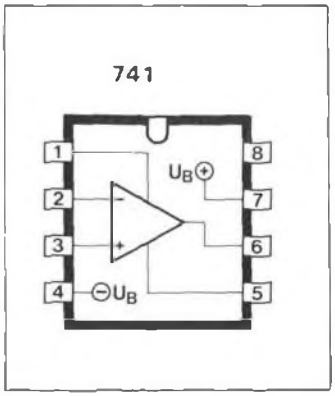
Composants

Les réalisations publiées par ELEX ne font appel qu'à des composants courants, disponibles en principe chez tous les revendeurs de composants sérieux. Il est préférable d'éviter d'utiliser des composants de récupération avant d'avoir pu scrupuleusement en vérifier le bon état.
La puissance des résistances utilisées est, sauf mention spéciale, de 1/4 W.

La tenue en tension des condensateurs à film doit être supérieure de 20 % au moins à la tension de service du circuit. Pour les condensateurs électro-chimiques, le schéma comporte une indication chiffrée de la tenue en tension (minimale); par exemple 47 μF/**16 V**

Lorsqu'un composant n'est pas disponible sous la référence indiquée, il arrive que l'on puisse utiliser un équivalent. Un même circuit intégré est souvent disponible sous plusieurs références différentes, variant selon le fabricant. Dans les schémas nous n'indiquons que la partie de la référence du composant qui est déterminante, et nous omettons les suffixes et les préfixes.

Par exemple 741 est l'indication fournie pour les circuits intégrés μA741, LM741, MC741, RM741, SN72741, etc.
Pour les circuits intégrés, l'usage de supports de très bonne qualité est souhaitable.



Souder

Voici résumée en quelques lignes la technique du soudage, décrite notamment dans le premier numéro d'ELEX.

Fer et soudure

■ La puissance idéale pour un fer à souder se situe entre 15 et 30 W. La pointe dont l'épaisseur ne dépassera pas 2 mm est recouverte d'une couche de protection qu'il ne faut ni limer, ni gratter. Nettoyez-la à chaud sur une éponge (naturelle) mouillée et évitez tout contact avec des matières plastiques.

■ N'utilisez que de la soudure à l'étain (60%) et au plomb (40%) de bonne qualité. L'âme de la soudure contient une substance décapante et anti-oxydante. On recommande l'usage, pour la plupart des applications, de fil de soudure d'une section d'1 mm.

■ N'utilisez aucun adjuvant (pâte, liquide, etc)

■ Avant de souder un composant, il faut impérativement l'immobiliser afin d'éviter qu'il ne bouge pendant que la soudure refroidit.

■ Il faut toujours chauffer ensemble les deux parties à souder (la piste de cuivre et la patte du composant) pour les porter simultanément à une température telle que l'étain fonde lorsqu'il entre en contact avec elles.

■ Appliquez l'étain sur les parties à souder (et non sur le fer à souder)

■ Retirez le fer à souder une ou deux secondes après avoir appliqué l'étain en évitant tout mouvement au point de soudure, à défaut de quoi l'étain se fissure en refroidissant.

■ N'échauffez excessivement ni les composants ni les pistes de cuivre. Faites attention notamment aux LED qui sont fragiles à cet égard !

■ On reconnaît une soudure réussi à ses flancs concaves alors qu'une soudure ratée ressemble à une boule.

Finitions

■ L'excédent de longueur des pattes de composants soudés sera coupé à ras de la soudure à l'aide d'une pince coupante spéciale. Certains électroniciens préfèrent couper les pattes des composants avant de les souder.

■ Pour ménager la panne du fer à souder, il est préférable de la nettoyer fréquemment et de couper le fer lorsqu'il ne sert pas pendant plus d'un quart d'heure.

■ Pour supprimer la soudure, on utilisera la tresse à dessouder.

■ Faites des essais sur des composants sans valeur ou des chutes de fil avant de vous lancer pour de bon dans des «vraies» réalisations.

Dépannage

Qu'il aime cela ou pas, l'électronicien passe beaucoup de temps à rechercher des erreurs, des défauts, voire des pannes.

Qu'un montage ne marche pas du premier coup, ce ni une honte, ni un scandale. La plupart des défauts sont faciles à déceler; voici quelques conseils pour procéder le plus efficacement possible. Il faut partir du principe que ce sont les erreurs que l'on a commises soi-même que l'on repèrera le plus difficilement. Il est donc très intéressant de faire appel à une autre personne pour examiner le montage.

■ Vérifiez toujours très soigneusement les composants, leur valeur, leur emplacement, leur polarité. Cochez-les au fur et à mesure dans la liste des composants

■ Vérifiez les soudures à la loupe pour détecter soit un court-circuit, soit une micro-coupure.

Dans certains cas, il est recommandé de mettre le schéma de côté et de le redessiner en partant du circuit que l'on a monté. Cette méthode d'investigation permet de mettre en évidence des divergences assez subtiles pour passer inaperçues lors d'un examen superficiel.

Vérifiez la tension d'alimentation, et les relevés de mesure donnés le cas échéant dans le schéma. Une pile dont la tension à vide est de 9 V ne fournira peut-être plus que 7 V une fois qu'elle sera chargée par le circuit qu'elle est sensée alimenter.

Sécurité

Voici un ensemble de règles à respecter lors de la réalisation de montages électroniques alimentés par la tension du réseau 220 V.

1 - A la construction

Les liaisons qui véhiculent la tension secteur doivent être isolées de telle manière qu'il soit impossible d'entrer en contact avec elles, même avec un tournevis par exemple.

Toutes les pièces métalliques accessibles de l'extérieur doivent être mises à la terre (si elles ne sont pas isolées à l'intérieur du coffret de l'appareil). Un interrupteur marche/arrêt à levier métallique doit également être mis à la terre même s'il est monté sur un coffret en plastique. Utilisez donc de préférence des interrupteurs marche/arrêt entièrement en matière plastique.

Si l'appareil n'est pas muni d'un cordon d'alimentation avec une fiche spéciale pour embase "CEE" ou "euro", le cordon d'alimentation doit nécessairement traverser la paroi métallique du coffret de l'appareil en passant par un passe-fil à la fois anti-traction et isolant.

Les 3 fils du cordon d'alimentation doivent être fixés solidement dans le coffret pour en éviter l'arrachement par traction. Il est exclu de se contenter de les souder au transformateur sans autre fixation mécanique. De façon générale, la soudure ne doit jamais servir de fixation mécanique.

La ligne de mise à la terre (de couleur vert-jaune) doit être plus longue que les deux autres lignes (la phase et le neutre), de sorte qu'en cas d'arrachement elle soit la dernière à lâcher.

Entre deux composants non-isolés reliés à des tensions dangereuses et tout autre conducteur non-isolé, il doit y avoir un espace de 3 mm au minimum.

2 - Lors des essais

Tous les travaux (soudures, modifications, montage, etc) effectués à l'intérieur du coffret d'un appareil alimenté par le secteur ne doivent être entrepris qu'après que la prise secteur a été débranchée. Il ne suffit pas de mettre le montage hors-tension à l'aide de son interrupteur marche/arrêt.

Avant de procéder à la mise sous tension de l'appareil, vérifiez la parfaite immobilisation de toutes les pièces qui véhiculent les tensions dangereuses. Utilisez un ohmmètre ou un testeur de continuité pour rechercher selon le cas, l'absence de conduction et/ou la présence de courts-circuits involontaire(s).

Lors d'essais à effectuer sur des composants susceptibles de véhiculer une tension dangereuse, commencez par connecter les pointes de touche isolées de l'instrument de mesure aux points concernés **avant d'enficher** le cordon d'alimentation dans la prise. Ne retirez les pointes de touche qu'après avoir **entièrement** débranché l'appareil!

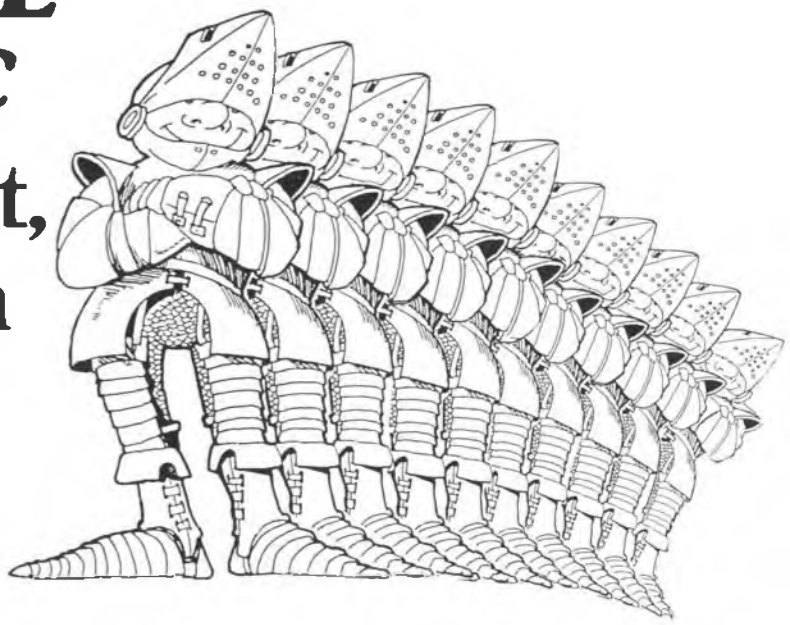
Lors de mesures effectuées dans la partie du montage véhiculant la tension secondaire d'un montage, il faut impérativement isoler toutes les parties qui se trouvent en liaison avec les tensions dangereuses, afin d'éviter tout contact accidentel avec l'une d'entre elles.

station thermorégulée EXPRESS de fabrication française
EXPRESS
1 Boulevard de Ménilmontant
75 011 PARIS
tél: 1/43 79 02 10

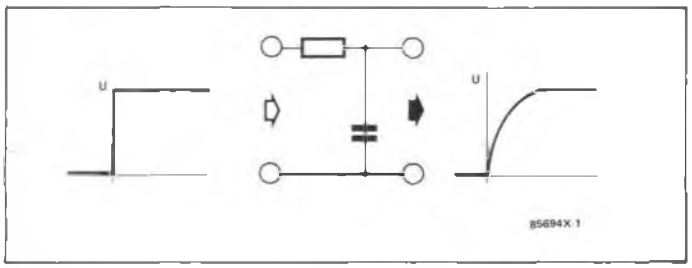
ANALOGIQUE ANTI-CHOC

ça va, ça vient, ça filtre et ça oscille

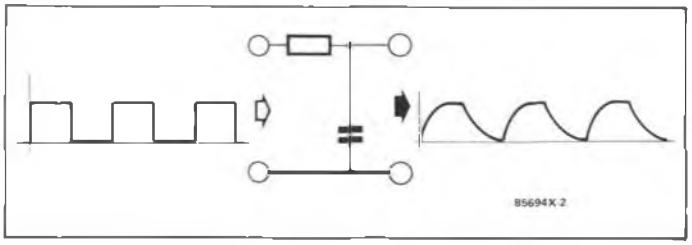
10e épisode



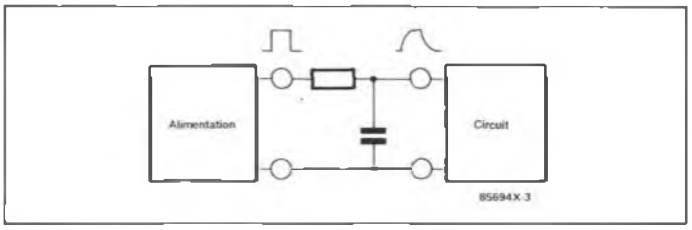
Le condensateur d'un réseau RC ne se charge pas brutalement mais, comme nous l'avons vu dans l'épisode précédent, selon une courbe exponentielle. C'est dû précisément à la présence de la résistance, dont la valeur détermine l'intensité du courant de charge en fonction de la tension qui règne à ses bornes. La tension en fin de charge est proche de la tension appliquée au circuit.
La courbe de la tension d'alimentation présente un flanc vif que nous appelons un front.



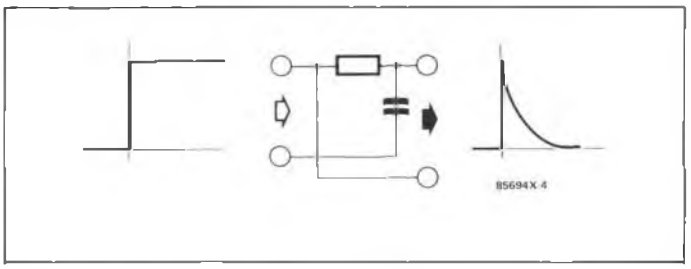
Ce front est arrondi par le réseau RC. Les fronts montants et les fronts descendants sont arrondis selon la même loi, si bien qu'une suite d'impulsions de tension appliquée à l'entrée est transmise à la sortie avec un certain retard.



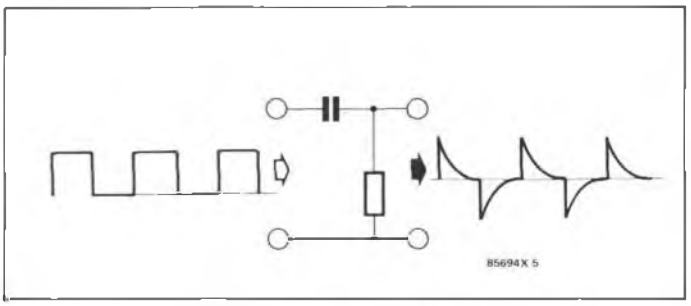
La résistance et le condensateur, en adoucissant les variations brusques de tension, lissent en quelque sorte la tension d'entrée. Un réseau RC intercalé dans le circuit d'alimentation d'un étage a pour fonction de supprimer les variations rapides de tension auxquelles donnent naissance les appels de courant du circuit alimenté. Il **filtre** l'alimentation de l'étage.



Les impulsions de tension présentes en entrée ne le sont pas en sortie, mais comme rien ne se perd ni ne se crée (M. Lavoisier disait en plus que tout se transforme) il faut bien que cette énergie soit passée quelque part. Cette énergie a été dissipée par la résistance, tout simplement. La courbe de la tension aux bornes de la résistance présente une pointe à chaque front de la tension d'entrée. En effet, une variation brusque de la tension d'entrée provoque momentanément un courant de forte intensité à travers le condensateur. Ce courant traverse aussi la résistance et y détermine une chute de tension.



Notre circuit RC peut être connecté différemment : le condensateur relie l'entrée à la sortie et la résistance est en parallèle sur la sortie.



Les mêmes phénomènes de charge et de décharge du condensateur à travers la résistance donnent une autre allure à la courbe de la tension de sortie. Nous voyons toujours une suite d'impulsions de tension, mais il s'agit de la tension aux bornes de la résistance. Le schéma de la figure 4 et celui de la figure 5 sont équivalents puisque le point commun à l'entrée et à la sortie est une borne de la résistance. Dans le cas de la figure 2, le réseau RC permettait de supprimer de la tension d'entrée la composante alternative (ou au moins une partie) ou, ce qui revient au même, d'en extraire la composante continue.

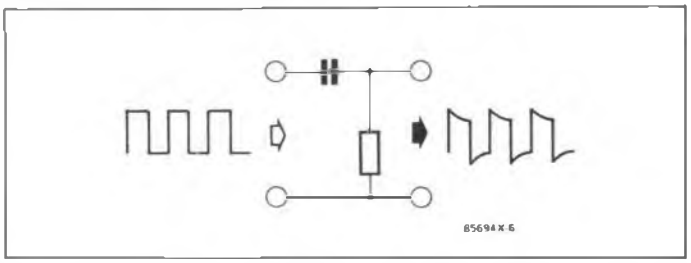
Dans le schéma de la figure 5, le réseau RC extrait la composante alternative ; on peut dire aussi qu'il

supprime la composante continue. Il s'agit réellement d'une tension alternative. En effet, lors de la charge du condensateur l'armature de gauche (sur le schéma) devient positive pendant que le potentiel de l'armature de droite devient nul. Au moment où la tension d'entrée s'annule, le potentiel de l'armature de gauche s'annule; or le potentiel de l'armature de droite reste inférieur à celui de l'armature de gauche tant qu'aucun courant n'a traversé le condensateur. Si « inférieur à zéro » décrit bien quelque chose de négatif, le potentiel de l'armature de droite est **négatif**. Dans l'article sur les multivibrateurs publié ailleurs dans ce numéro, vous trouverez une éloquente illustration pratique de ce phénomène.

Ces circuits RC qui permettent d'extraire une impulsion sont utilisés principalement pour déclencher les circuits monostables à l'apparition d'un flanc sur la tension d'entrée.

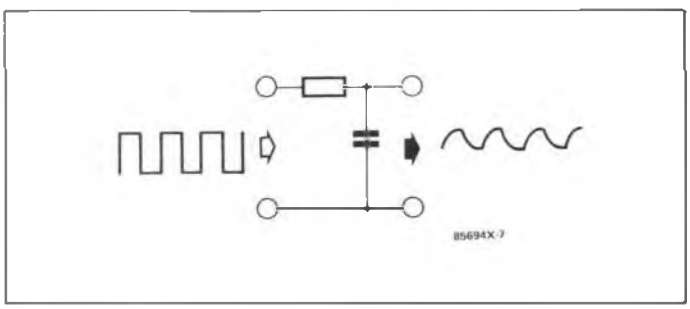
Suivant que les filtres laissent passer de préférence le continu ou l'alternatif, on les appelle **passe-bas** ou **passe-haut**. Le montage de la figure 1 (ou 2 ou 3) avec la résistance entre entrée et sortie est un filtre passe-bas car il ne laisse passer, en alternatif, que les fréquences basses (ou le continu, qu'on peut considérer comme une tension alternative de fréquence nulle). Celui de la figure 4 ou 5 avec le condensateur entre l'entrée et la sortie est un filtre passe-haut puisqu'il ne laisse passer que les fréquences hautes.

La forme de la tension de sortie représentée par la figure 5 est un cas particulier. Elle correspond à une constante de temps donnée du réseau RC et à une fréquence donnée de la tension d'entrée. Si nous augmentons la fréquence (ou que nous augmentons la constante de temps) la courbe de la tension de sortie prend l'allure de la figure 6.

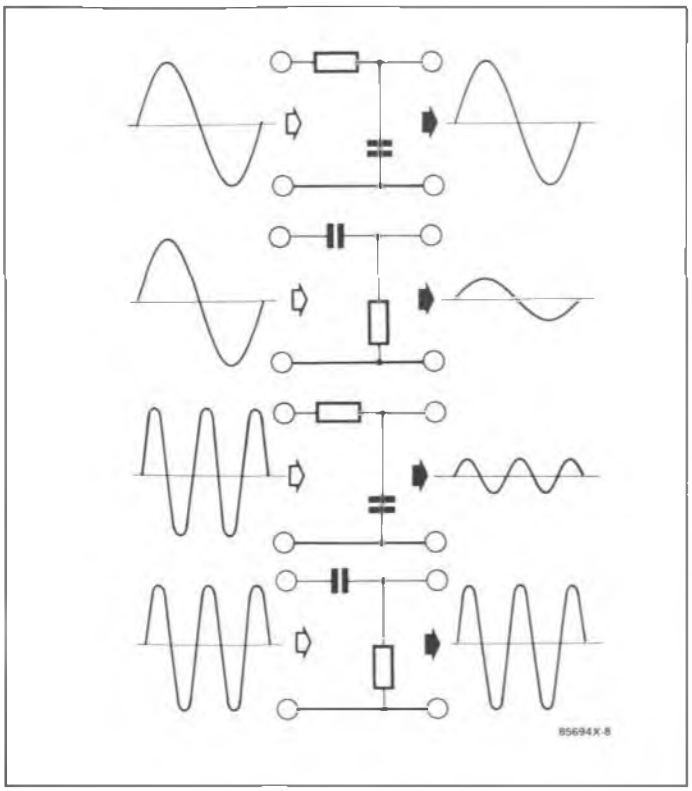


Dans ce cas, les fronts de tension sont trop fréquents, ou bien la constante de temps trop grande, pour que le condensateur ait le temps de se charger et de se décharger complètement. Le résultat est que le créneau en sortie est moins déformé.Le créneau sera d'autant plus déformé que la fréquence sera plus basse, jusqu'au blocage du condensateur, quand la tension d'entrée sera continue.

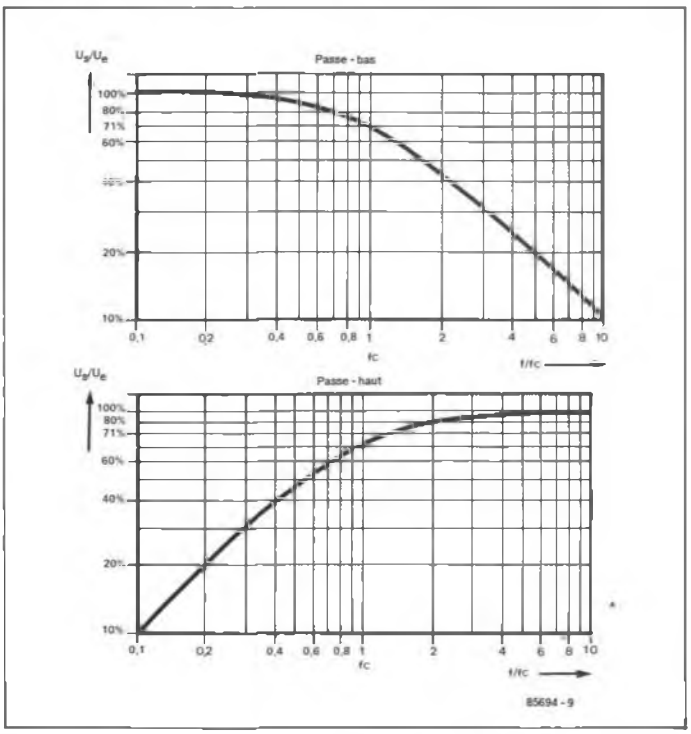
Pour ce qui est du filtre passe-bas, le comportement est rigoureusement opposé. Les flancs adoucis sont insignifiants en regard de la durée d'impulsion dans le cas de créneaux lents. Dans le cas de créneaux rapides, la brièveté des impulsions ne permet pas au condensateur de se charger.



Il est évident ici que le condensateur court-circuite la tension alternative. L'effet des filtres est aussi important sur les autres tensions alternatives, comme les tensions sinusoïdales, que sur les créneaux.



Les filtres passe-haut et passe-bas transmettent différemment une tension de même fréquence et de même amplitude appliquée à leur entrée. C'est le diagramme tension/fréquence qui rend le mieux compte du comportement du filtre. Dans les diagrammes ci-dessous, l'amplitude de la tension de sortie n'est pas exprimée en volts, mais en pourcentage; il s'agit du rapport entre la tension d'entrée et la tension de sortie.



Les rapports entre tension d'entrée et tension de sortie sont représentés sur l'axe vertical, selon une graduation logarithmique. De même les graduations logarithmiques de l'axe horizontal ne représentent pas les fréquences, mais un rapport. Il s'agit du rapport entre la fréquence de travail et une fréquence dite **fréquence de coupure**. La fréquence de coupure qui caractérise un filtre est celle pour laquelle il atténue le signal d'entrée de 3 dB (décibel). Nous aurons l'occasion de revenir sur le décibel ; pour l'instant, nous aurons une connaissance assez précise du filtre en sachant que pour une atténua-

tion de 3 décibels, la tension de sortie est égale à 71% de la tension d'entrée.

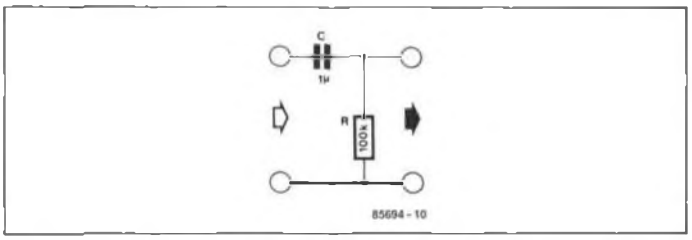
[Réflexion faite, précisons, pour éviter à quelques-uns des embarras gastriques et les frais d'un courrier rageur, que 71% est une valeur arrondie de $\sqrt{2}/2$, ou $1/\sqrt{2}$ ou 0,707.]

La puissance transmise dans ces conditions est égale à la moitié de la puissance reçue.

La fréquence de coupure d'un filtre RC se calcule simplement en fonction de la valeur des deux éléments R et C.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

La tension n'intervient pas dans le calcul, ce que la définition de la fréquence de coupure par un rapport pouvait laisser prévoir.
La fréquence est exprimée en hertz à condition que la résistance le soit en ohms et la capacité en farads. Vous noterez en passant l'intérêt que présentent les calculettes « scientifiques » qui acceptent les puissances de 10 pour les données et les affichent elles-mêmes pour les résultats. Trouvez-en une pour le petit exercice pratique qui suit : un filtre passe-haut est constitué d'une résistance R de 100 kΩ et d'un condensateur C de 1 µF. Il véhicule un signal audio et vous voulez savoir si ce signal sera altéré ou non.



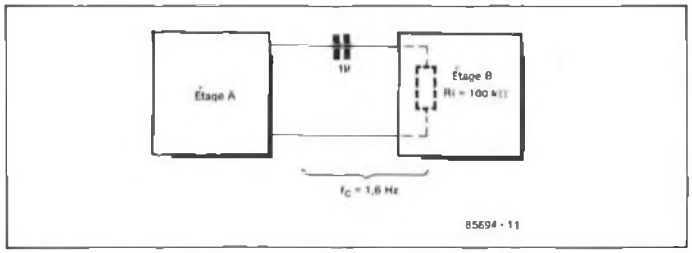
La formule ci-dessus nous permet de calculer la fréquence de coupure :

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 100\ k\Omega \cdot 1\ \mu F}$$

le résultat est :

$$f_c = \frac{1}{0{,}628} = 1{,}6\ Hz$$

Notre filtre passe-haut transmettra toutes les fréquences supérieures à 1,6 Hz avec une amplitude égale ou supérieure à 71% de l'amplitude qu'elles présentent en entrée. Il est donc capable de transmettre correctement la plage de 20 à 20000 Hz. On trouve souvent ce genre de filtre passe-haut dans les montages audio. Encore ne sont-ils pas construits expressément en tant que filtres composés d'une résistance et d'un condensateur ; ils sont constitués par l'association du condensateur de liaison et de l'impédance d'entrée de l'étage récepteur, en guise de résistance. Dans la plupart de nos montages audio nous utilisons la liaison par condensateur en lui confiant la tâche d'arrêter le continu. C'est bien ce que fait le filtre passe-haut, qui arrête en plus l'alternatif pour les fréquences inférieures à sa fréquence de coupure.



En considérant comme un filtre la liaison entre deux étages BF, on se rend compte qu'un condensateur de capacité trop faible, en regard de l'impédance d'entrée du deuxième étage, peut conférer à l'ensemble une fréquence de coupure trop élevée et amputer ainsi la plage des fréquences audibles transmises.

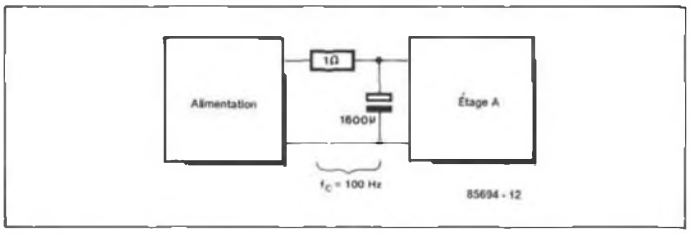
Autre application pratique, reprenez vos babasses : vous avez à construire un filtre passe-bas pour supprimer le ronflement d'une alimentation secteur à redresseur en pont.La formule précédente peut s'écrire :

$$R \cdot C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_c}$$

Le redressement en pont, ou double alternance, provoque un ronflement à 100 Hz puisque ce sont les deux alternances de chacune des 50 périodes qui produisent une ondulation de la tension redressée. La valeur de f_c est donc de 100 Hz et la formule devient :

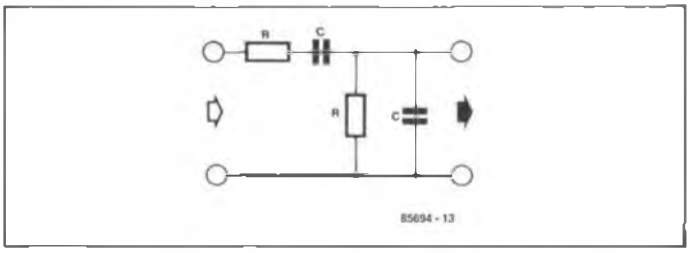
$$R \cdot C = \frac{1}{628}\ \Omega \cdot F = 0{,}0016\ \Omega \cdot F$$

Il nous reste à trouver une combinaison judicieuse de valeurs telles que leur produit soit égal à 0,0016. C'est le cas aussi bien pour 16 µF et 100 Ω que pour 1600 µF et 1 Ω ou encore 160 µF et 10 Ω. Ces trois exemples correspondent à des valeurs qui filtreront de la même manière le ronflement à 100 Hz, la différence réside dans la chute de tension provoquée aux bornes de la résistance par le passage du courant continu. Plus le circuit alimenté sera gros consommateur et plus il faudra une résistance faible. Une résistance de l'ordre de 1 Ω est souvent atteinte par le contact d'un interrupteur, ou par un fil de câblage ou une piste de circuit imprimé de section (ou de largeur) un peu faible et de longueur un peu grande. Inutile dans ce cas d'implanter un composant supplémentaire, un condensateur de forte valeur suffit.

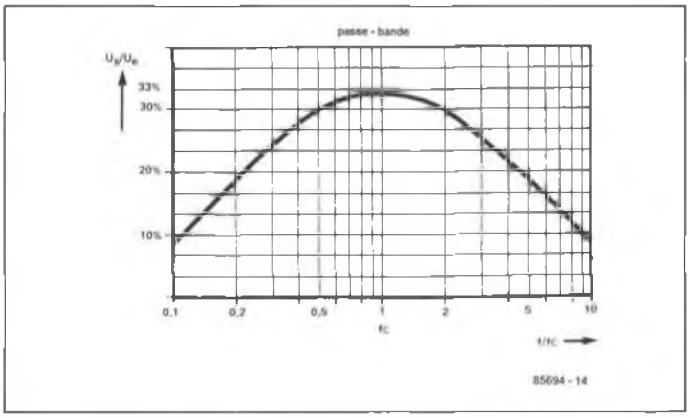


Une tension alternative à la fréquence de coupure est transmise avec 71% de son amplitude. Les variations du rapport entre tension à l'entrée et tension en sortie se déduisent de l'un des diagrammes de la figure 9. Le rapport augmente ou diminue quand la fréquence augmente selon que le filtre est un passe-haut ou un passe-bas. Une règle pratique se dégage de l'observation des diagrammes : pour un doublement de la fréquence, la tension transmise double (passe-haut) ou diminue de moitié (passe-bas). C'est vrai pour les parties rectilignes de la courbe, mais seulement approximatif pour les parties incurvées. Prenons l'exemple du filtre passe-bas : le rapport des tensions est de 20% pour une fréquence de 5 f_c, de 10% pour 10 f_c. Toujours pour le filtre passe-bas, une multiplication par dix de la fréquence correspond à une division par 10 de la tension de sortie. Ces caractéristiques des filtres sont appelées **pentes**. Dans le cas du doublement de fréquence, le filtre est caractérisé par une pente de 6 décibels par octave. En effet, l'octave est défini par le doublement de la fréquence, et puisque 3 dB correspondent à un rapport de $\sqrt{2}$, 6 dB correspondent à $\sqrt{2} \times \sqrt{2}$, soit un facteur 2.
Dans le cas de la multiplication de la fréquence par 10, le filtre est caractérisé par une pente de 20 dB par décade. Il s'agit de chiffres plus importants, mais la réalité qu'ils décrivent est la même. Les musiciens parleront en octaves, les commerçants en décades, car les grands nombres impressionnent plus.

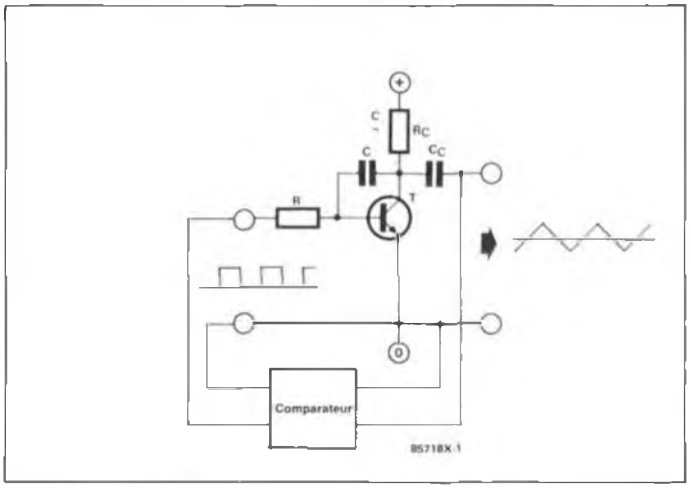
L'association d'un filtre passe-haut et d'un filtre passe-bas constitue un **filtre de bande**. Selon la position de la fréquence de coupure du filtre passe-haut par rapport à celle du filtre passe-bas combinés pour former le filtre de bande, on aura un filtre à suppression (ou réjection, ou élimination) de bande ou, au contraire, un filtre passe-bande.



Les résistances sont de même valeur, ainsi que les condensateurs. Les valeurs se calculent selon les formules données plus haut. La tension de sortie maximale dans la bande de fréquences transmises n'est que de 33% de la tension d'entrée.

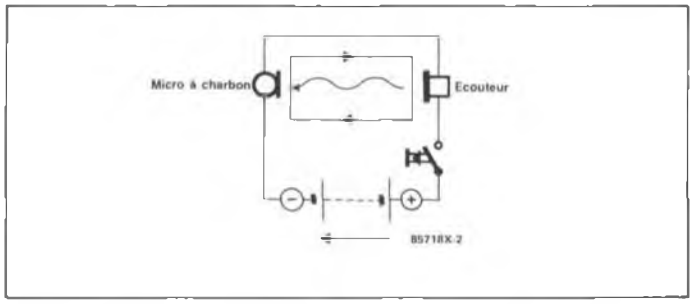


La plupart des circuits que nous avons examinés jusqu'à présent comportaient une entrée et une sortie. C'est le cas des filtres que nous venons de voir. Les filtres que nous allons étudier maintenant n'ont qu'une sortie et pas d'entrée. Il s'agit d'**oscillateurs**. Nous avons déjà rencontré un générateur de dents de scies il n'y a pas si longtemps dans ELEX, il correspondait au schéma suivant :



Le transistor T, la résistance R et le condensateur C constituent un intégrateur de Miller (8e épisode de cette rubrique, dans le n°13 d'ELEX) qui délivre un signal triangulaire lorsque son entrée reçoit un signal rectangulaire. Le comparateur représenté par un carré a pour rôle de transformer en rectangle le triangle. C'est-à-dire qu'il ne connaît que deux niveaux de tension en sortie : haut et bas (ou « zéro » et « un » comme on dit chez le collègue de la *logique sans hic*); il délivre en sortie l'un de ces deux niveaux de tension en fonction de la tension d'entrée. Du côté de l'entrée, le comparateur ne connaît que deux domaines de tension : supérieur ou inférieur à la tension de référence. Si donc la tension d'entrée est supérieure à la tension de référence, la tension de sortie sera à un, ou maximale. Si la tension d'entrée est inférieure à la tension de référence, la tension de sortie sera à zéro ou minimale.

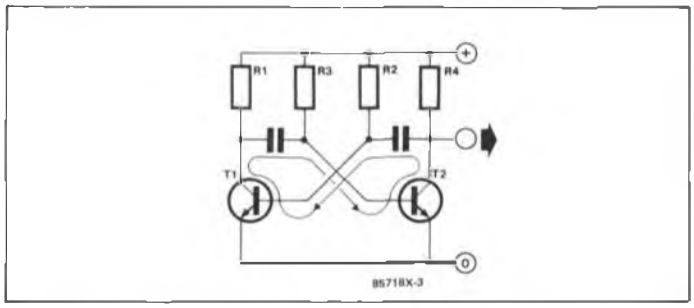
La tension de référence choisie ici est le niveau zéro ou masse du circuit ; elle correspond à la tension moyenne de la dent de scie, et les impulsions rectangulaires de sortie du comparateur seront en fait des carrés. Chaque impulsion en sortie du comparateur déclenche une impulsion en sortie de l'intégrateur, et chaque passage à zéro de la tension de l'intégrateur provoque un changement d'état du comparateur. Le montage se « mord la queue », il **oscille**. La caractéristique des oscillateurs, présente aussi dans celui-ci, est une **réaction** de la sortie sur l'entrée. Il en va de même dans les montages simples qui suivent.



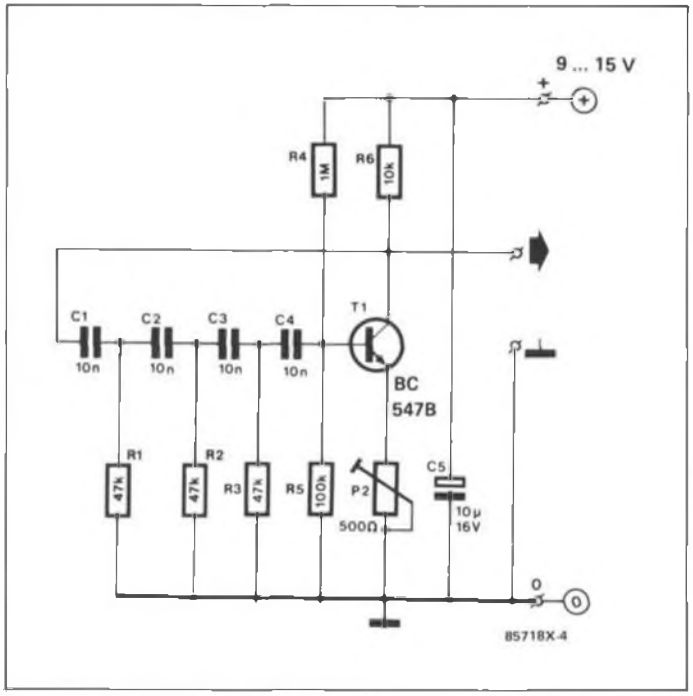
La capsule du microphone à charbon (récupérée sur un vieux téléphone) est insérée dans un circuit comprenant une pile et un écouteur (récupéré lui aussi sur un vieux téléphone). La réaction est assurée par la propagation du son dans l'air entre l'écouteur et le microphone. Le microphone capte les vibrations de l'écouteur et les lui renvoie par le circuit électrique. Si le microphone et l'écouteur sont assez proches l'un de l'autre, le montage émet un sifflement : le circuit oscille. Le phénomène avait déjà été mis à profit dans ELEX pour la réalisation d'un manipulateur d'entraînement au Morse.

Tous les circuits ne sont pas des oscillateurs, et heureusement, car les oscillations ne sont pas toujours souhaitables. Nous avons vu qu'une réaction de la sortie vers l'entrée est nécessaire; elle n'est pas suffisante. La deuxième condition pour que l'oscillation se produise est la présence d'un élément amplificateur, pour compenser les pertes d'énergie. Dans le cas de l'expérience précédente, avec le micro et l'écouteur de téléphone, il y a des pertes dans l'air et dans les résistances du circuit électrique (aucun conducteur ne présente une résistance rigoureusement nulle). Le microphone et la pile constituent un amplificateur minimal, qui renforce le signal ténu de l'écouteur. C'est l'amplificateur qui apporte l'énergie du signal émis en sortie.

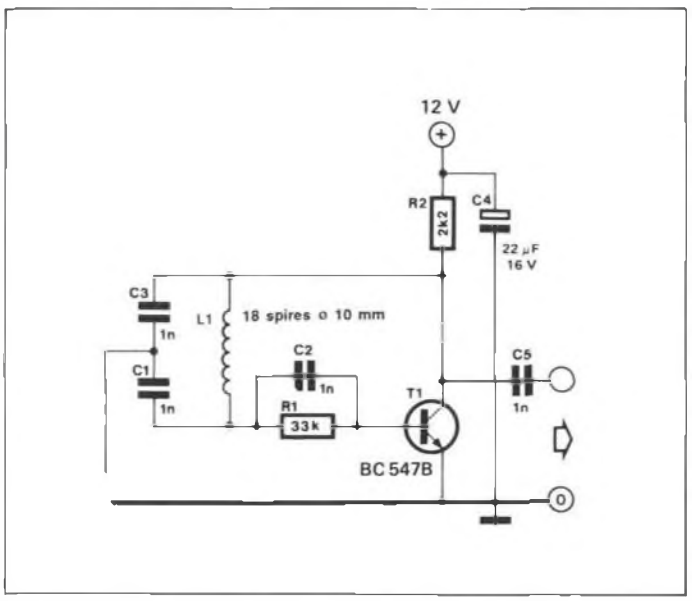
La troisième condition tient au rapport de phase entre le signal de sortie et le signal réappliqué à l'entrée. Si le signal qui parvient au microphone est en opposition de phase avec celui de l'écouteur, il n'y aura pas d'amplification, mais une atténuation. Cela ne veut pas dire qu'il ne faut aucun déphasage dans le circuit; cela veut dire que la somme des déphasages doit être égale à 0°, ou 360°, ou encore un multiple de 360°. Les exemples suivants vont nous montrer différentes façons de réaliser les trois conditions de l'oscillation : réaction, amplification, concordance de phase.



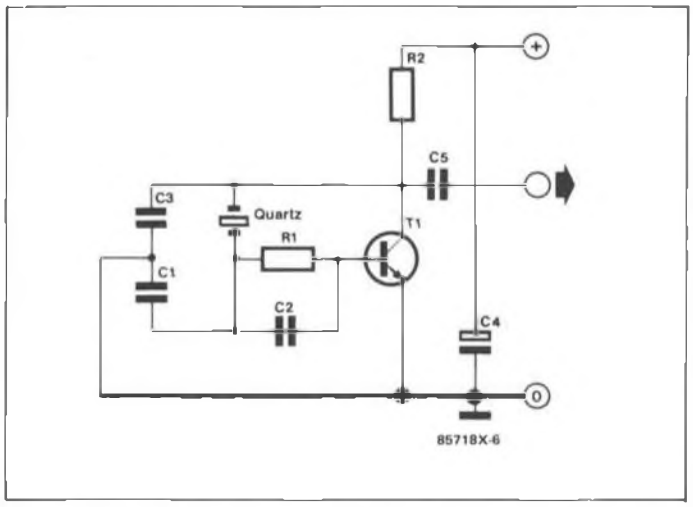
Dans le multivibrateur astable à deux transistors que nous connaissons déjà, les transistors sont reliés l'un à l'autre du collecteur (sortie) à la base (entrée). La boucle est fermée, les deux transistors sont des amplificateurs. Reste à examiner le rapport de phase : nous savons que le transistor en émetteur commun déphase de 180°, les deux transistors déphasent de 180° + 180°, soit 360°. La troisième condition est remplie et notre montage oscille.



L'exemple ci-dessus est celui d'un oscillateur à déphasage à un seul transistor. Le rôle du transistor est toujours d'amplifier le signal qu'il reçoit sur son entrée. Le déphasage et la réaction sont assurés par quatre réseaux RC en série entre collecteur et base. Comme le déphasage est toujours de 180° entre base et collecteur, le réseau RC doit déphaser des 180° nécessaires pour atteindre les 360°. Ce déphasage n'est obtenu que pour une seule fréquence. Comme un réseau RC ne peut pas déphaser de plus de 90°, l'oscillation s'établira à une fréquence telle que chacun des quatre réseaux déphase de 45°.



L'oscillateur Colpitts est très utilisé en haute fréquence. Comme dans l'exemple précédent, il comporte un transistor bouclé entre collecteur et base, ce qui satisfait aux deux premières conditions. Le circuit LC (inductance-capacité) agit comme un filtre à la fréquence de résonance. C'est lui qui introduit le déphasage de 180° et remplit ainsi la troisième condition. Les deux condensateurs C1 et C3 constituent un diviseur de tension alternative et permettent de n'appliquer à la base que la tension nécessaire. La fréquence peut varier si l'on change la valeur des condensateurs ou qu'on utilise un condensateur variable, ou une inductance variable.

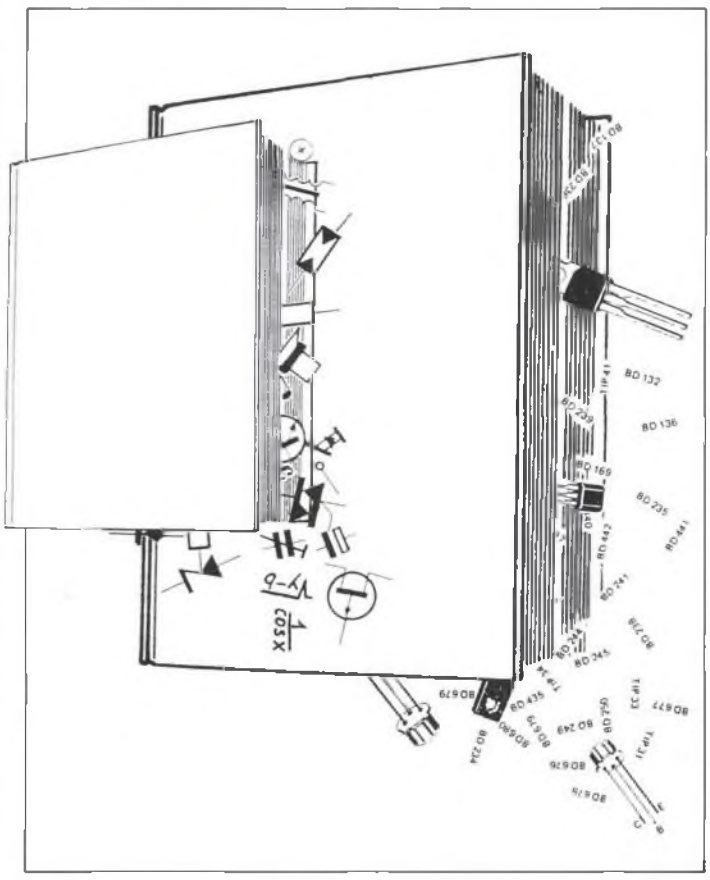


Au contraire, si l'on veut une fréquence très stable, on remplace le circuit oscillant LC par un quartz. Ce composant présente la propriété de résonner mécaniquement sous l'effet d'une tension électrique. La fréquence de résonance d'un quartz est déterminée par ses dimensions physiques, fixées lors de sa fabrication. La fréquence est particulièrement stable et la courbe de résonance très pointue. Le diviseur à condensateurs reste nécessaire pour appliquer à la base le signal utile, sans plus.

Les hautes fréquences mettent en oeuvre une foule d'autres types d'oscillateurs, dont l'étude n'a pas sa place ici. Contentons-nous de savoir qu'ils comportent tous un élément amplificateur et un déphaseur entre entrée et sortie.

Le prochain épisode nous conduira dans le domaine du magnétisme et des bobines, déjà effleuré ici avec le premier exemple d'oscillateur Colpitts.

85694



« Écoute un peu »

La radio, vous connaissez ?

Bien sûr vous la connaissez, la radio. Plus ou moins. Les baladeurs permettent d'écouter partout les succès du « Top 50 », les émetteurs sur grandes ondes déversent à longueur de journée des publicités entrecoupées de bulletins d'information et de jeux accessibles au public le plus large. Les radios locales sur la bande FM, faute de moyens, se contentent de bandes enregistrées, avec un minimum de parole en direct ; et c'est tant mieux car les « animateurs » sont le plus souvent des amateurs.

La radio, c'est aussi le monde des ondes courtes et des petites ondes. C'est sur les petites ondes, entre 500 et 1500 kHz, que Radio-France propose des émissions régionales, diffusées par une quarantaine d'émetteurs répartis sur tout le territoire. Nos pays voisins ont aussi une foule d'émetteurs sur petites ondes, et il peut être intéressant de connaître la façon dont sont rapportés à l'étranger les événements dont nous entendons parler sur nos radios.
Toujours sur petites ondes, les Parisiens peuvent profiter de Radio-Sorbonne sur 963 kHz (avec une puissance ridicule de 8 (huit)kW). Sur la totalité du réseau, les travailleurs étrangers peuvent écouter des émissions en arabe, en cambodgien, en laotien, en portugais, en serbo-croate, en espagnol, en turc, en vietnamien. Ces émissions n'ont lieu qu'entre quatre et six heures du matin ; après, avec le bruit des marteaux-piqueurs...

Dans la région de Lille, les mineurs ont même le privilège d'une émission en polonais du lundi au vendredi de 18 h à 18 h 30 sur 1377 kHz.

Que tout cela reste entre nous : il ne faudrait pas que les citoyens français apprennent que les deniers de l'État sont gaspillés dès l'aube au profit de ces Polonais qui viennent manger le pain de nos Algériens, ou que la nouvelle vienne assombrir encore le crépuscule d'un vieux cinéaste.

Les ondes courtes ont d'abord été le domaine privilégié des amateurs. Privilégié n'est pas le mot qui convient le mieux car initialement la bande des fréquences supérieures à 1,5 MHz (jusqu'à 30 MHz) a été abandonnée aux amateurs, parce que les autorités de l'époque ne savaient pas comment l'exploiter. La technique se limitait à la radiodiffusion sur petites ondes et sur grandes ondes, de 150 à 500 kHz.
Les radio-amateurs ont mis au point petit à petit un grand nombre des techniques utilisées aujourd'hui. Puis les bandes d'ondes courtes ont été attribuées à des services officiels comme les pompiers et la police dans les 27 MHz (remplacées depuis par des bandes de 60 à 80 MHz en modulation de fréquence et des bandes UHF au-delà de 400 MHz), le trafic maritime dans les 70 m, les stations météorologiques... Les amateurs disposent toujours de bandes ou de parties de bandes réservées et ils ont accès eux aussi à des bandes UHF (ultra-hautes fréquences).

Les ondes courtes sont utilisées également par des stations de radiodiffusion, principalement à destination de l'étranger. Ainsi Radio-France-International émet –le saviez-vous ?- à destination de toutes les anciennes colonies, en français et dans les langues nationales de ces pays. Les émetteurs, situés à Allouis et à Issoudun, sont puissants –entre 100 et 500 kilowatts– car ils sont destinés à porter loin. Les émissions sont relayées par cinq émetteurs de 500 kW dont deux au Gabon et trois en Guyane française. Ce sont donc ces émissions que vous avez le plus de chances de capter grâce à Atlantis, le récepteur ondes courtes décrit dans ces pages. Les langues utilisées sont le français, bien sûr, mais aussi l'allemand, l'anglais, le portugais, l'espagnol, le polonais, le hongrois, le roumain, le russe, et quelques langues africaines.

Voilà pour les amateurs de langues étrangères. Il faut savoir aussi que Radio-Moscou, les deux Allemagnes, la Chine populaire, l'Albanie, l'Angleterre, la Suisse diffusent en français, au même titre que dans les autres langues, leur propagande et leur vision du monde. Ce ne sont que les plus puissants, mais Israël, la Hollande, la Belgique, les Émirats Arabes Unis, le Vatican, la Pologne... ont aussi leurs émetteurs et parlent dans toutes les langues ou presque (les deux derniers cités, comme la Chine, émettent en espéranto). Quant aux États-Unis d'Amérique, il couvrent le monde de leur « Voice of America », mais dans une seule langue, l'anglais.

Indispensable pour voyager devant son poste :

World Radio TV Handbook.
Une parution annuelle pleine d'informations sur les fréquences, les horaires, les puissances, les langues, etc. de toutes les stations du **Monde**.

Terminons avec un salut fraternel aux habitants de Beromünster, Allouis, Droitwich, Luxembourg, Andorra, Hilversum I, Hilversum II, Tirana, Praha, Glasgow, Munster, Berlin, Sottens, Rheinsender, Bruxelles III, Budapest, Stavanger, Paris I, England HS, Mühlacker, VPRO...

896159

Détecteur de métaux

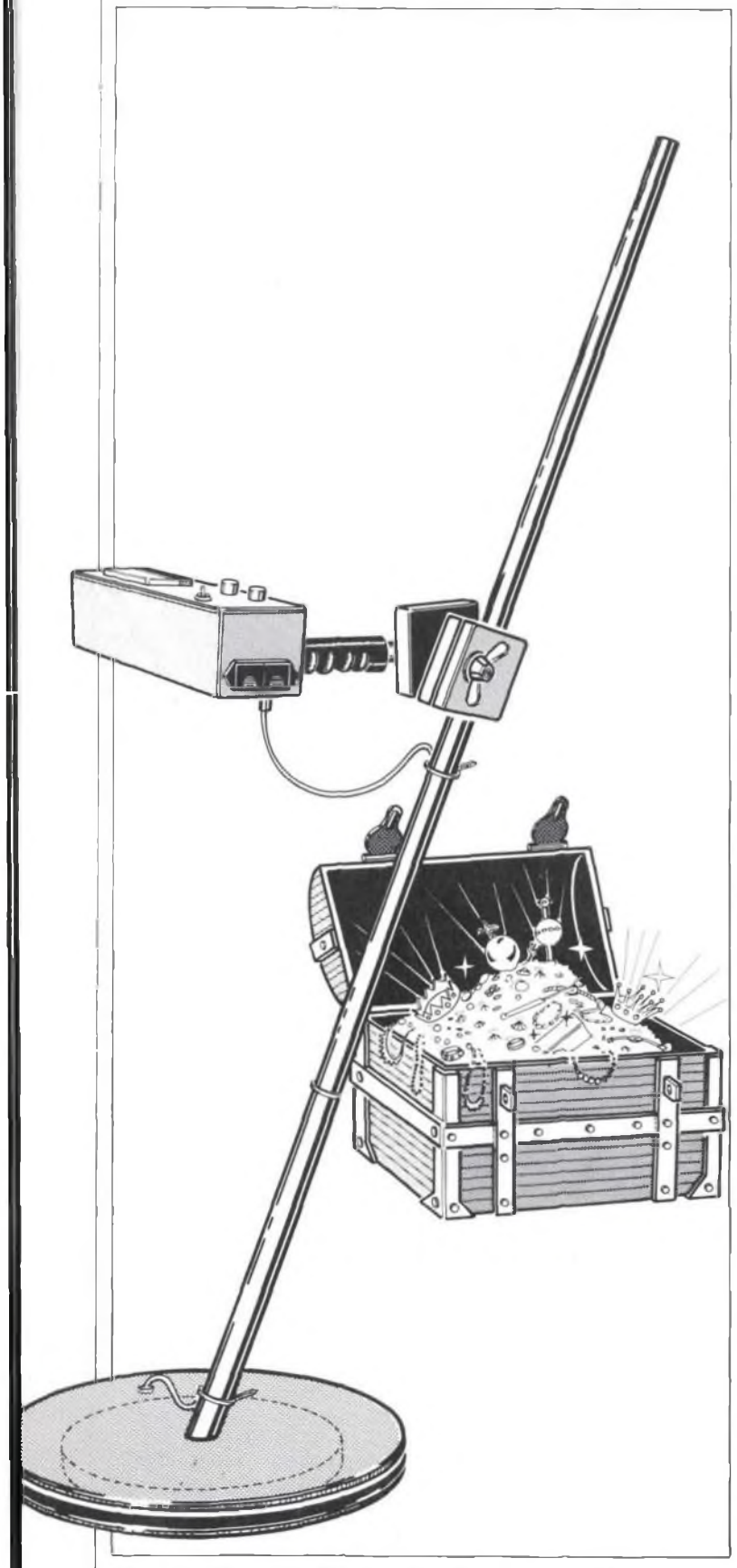


Figure 1 - Même si le détecteur de métaux ne vous fait pas trouver de trésor, il vous permettra de rêver ou bien de résoudre de petits problèmes.

Vous avez à creuser dans votre jardin pour amener le câble jusqu'à votre téléviseur, mais vous ne savez pas exactement où passent les conduites d'eau, de gaz et d'électricité. Aïe ! Vous avez perdu les clefs du camion dans l'herbe. Flûte ! Vous collectionnez les casques à pointe de la guerre de 70 et les boucles de ceinture du bas-empire romain. Chouette ! Les points communs à tous ces objets ? Ils sont en métal et invisibles. Invisible ne veut pas dire indétectables : notre détecteur de métaux repère des pièces de monnaie à 10 cm, un trousseau de clefs ou un tournevis à 25 cm et un chevalier de la Table Ronde en tenue de combat à plus d'un mètre.

Le principe

Il s'agit de repérer du métal sans le voir. C'est possible grâce au magnétisme. Les champs magnétiques traversent la terre, le bois, le béton... Le détecteur utilise la propriété des métaux de perturber un champ magnétique ; le champ magnétique est émis par une bobine, comme dans un électro-aimant. La bobine d'un détecteur de métaux est traversée par le courant alternatif d'un oscillateur et de ce fait le champ magnétique est alternatif lui aussi.

Le schéma fonctionnel de la **figure 2** représente la bobine séparée du reste du circuit. C'est pour rendre compte de la disposition réelle des éléments du détecteur de métaux ou « poêle à frire ». La bobine fait partie de l'oscillateur, auquel elle est reliée électriquement, même si elle en est dissociée physiquement.
L'oscillateur est accordé sur une fréquence de quelques kilohertz. La bobine, parcourue par un courant alternatif, produit un champ magnétique de même fréquence. Chaque fois qu'un objet métallique est introduit dans le champ magnétique, il le modifie et modifie donc aussi le fonctionnement de l'oscillateur : la fréquence et l'amplitude des oscillations vont changer.

Notule sur la stabilité de l'amplitude de l'onde de sortie d'un oscillateur
Normalement on demande à un oscillateur de fournir une onde de fréquence et d'amplitude stables, imperturbables. Nous demandons au nôtre d'être sensible à toutes les influences extérieures. Il serait inutilisable ailleurs que dans un détecteur de métaux mais il fait merveille ici : ce sont à la fois l'amplitude et la fréquence qui varieront en présence d'un objet métallique, magnétique ou non.

Note sur l'influence d'un métal non magnétique sur un champ magnétique
On conçoit aisément qu'un morceau de fer, par exemple, perturbe un circuit magnétique, parce qu'on sait que le fer est attiré par l'aimant. Mais comme l'aimant n'attire pas l'aluminium, on imagine plus mal que ce métal non ferreux, ou un autre, modifie un champ magnétique. Voyons les effets de l'un et de l'autre.
Le fer agit sur le champ magnétique en concentrant les lignes de forces : il renforce le flux magnétique à l'endroit où il se trouve. L'inductance de la bobine qui crée ce champ se trouve augmentée. Un matériau **non magnétique mais conducteur** provoque au contraire une diminution de l'inductance : la masse du métal se comporte comme une spire de transformateur en court-circuit. Nous avions déjà évoqué le phénomène des courants de Foucault dans le n°12 page 12, avec une application au freinage des poids lourds. Il faut en retenir qu'un champ magnétique variable appliqué à une masse conductrice y provoque une dissipation d'énergie.
Ici aussi **la pièce métallique non magnétique mais conductrice introduite dans le champ magnétique de la bobine absorbe de l'énergie.** Cette énergie n'est pas restituée au circuit par auto-induction et le résultat est une diminution apparente de l'inductance du circuit.

Les variations inductance se traduisent, comme nous le savons après avoir lu l'article sur l'oscillateur Colpitts, par des variations

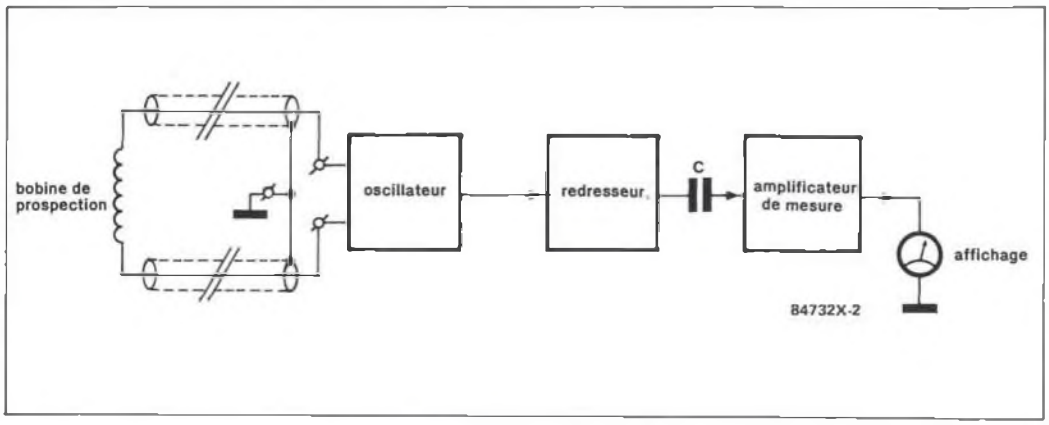


Figure 2 - Le schéma fonctionnel est relativement simple. Notez que la bobine est représentée comme un élément séparé. C'est elle qui permet la recherche, mais elle fait partie aussi du circuit électrique.

de fréquence, puisque la fréquence de résonance du circuit LC est déterminée entre autres par l'inductance. Chaque variation de fréquence provoque une variation momentanée de l'amplitude des oscillations, car le circuit oscillant se trouve passagèrement désaccordé : l'oscillation à l'ancienne fréquence s'éteint et l'oscillation à la nouvelle féquence s'établit.
Ce sont précisément ces variations d'amplitude que nous exploiterons pour détecter les métaux. Le redressement de l'onde produite par l'oscillateur donnera une tension continue dont la valeur est une image de l'amplitude des oscillations.

Le rectangle du schéma fonctionnel qui représente le redresseur est relié à l'amplificateur de mesure par un condensateur. La valeur de la tension redressée nous importe peu, ce qui compte, ce sont les variations de cette valeur. Le condensateur ne transmet que les tensions alternatives qui sont des variations de tension continue ; or les variations de tension continue sont consécutives à des changements de fréquence, eux-mêmes provoqués par des perturbations du champ magnétique, signalant l'intrusion de pièces métalliques, magnétiques ou conductrices, dans le champ de la bobine. En termes savants, nous dirons que l'amplificateur de mesure ne voit que la dérivée de la tension de sortie du redresseur.
La tension de sortie de l'amplificateur de mesure est indiquée par un galvanomètre. Tout mouvement de l'aiguille signale donc un mouvement, entrée ou sortie, d'une pièce métallique dans le champ de la bobine.

Circulez !
Ce principe de sensibilité exclusive aux **variations** suppose que la pièce à détecter est animée d'un **mouvement** permanent par rapport à la bobine. Comme les chevaliers en armure ne circulent plus guère de nos jours, vous serez obligés de mouvoir votre bobine. Une fois la bobine immobilisée au-dessus d'un morceau de métal, l'aiguille revient à sa position de repos, au milieu de l'échelle, puisque la tension redressée se stabilise à sa nouvelle valeur, tout comme se stabilisent la fréquence et l'amplitude de l'oscillateur. Le petit inconvénient que présente pour l'utilisateur cette obligation de circuler pourrait être supprimé, mais au prix d'une construction infiniment plus compliquée, avec des bobines d'émission et de réception distinctes, et une électronique beaucoup plus savante.

Le circuit

La bobine de prospection L1, associée à T1, R1 à R3, C1 à C3 et C5, constitue ce qu'on appelle un oscillateur Colpitts (**figure 3**), décrit par ailleurs. Les résistances R2, R3 et le condensateur C2 servent à découpler l'alimentation des oscillations : les pointes de consommation de courant au rythme de l'oscillation sont fournies par le condensateur C5, qui se recharge entre elles grâce à R2. Il en résulte, vue de la source d'alimentation, une consommation quasi-constante dont les résidus d'ondulation sont lissés par C10 et C11.
Le redresseur représenté par un rectangle sur le schéma de la figure 2 est réalisé au moyen de D1, C4 et R4. Pour comprendre le fonctionnement de ce redresseur, reportez-vous à celui d'une alimentation : C4 y serait le condensateur de lissage et R4 la charge (consommateur de courant). Tant que la

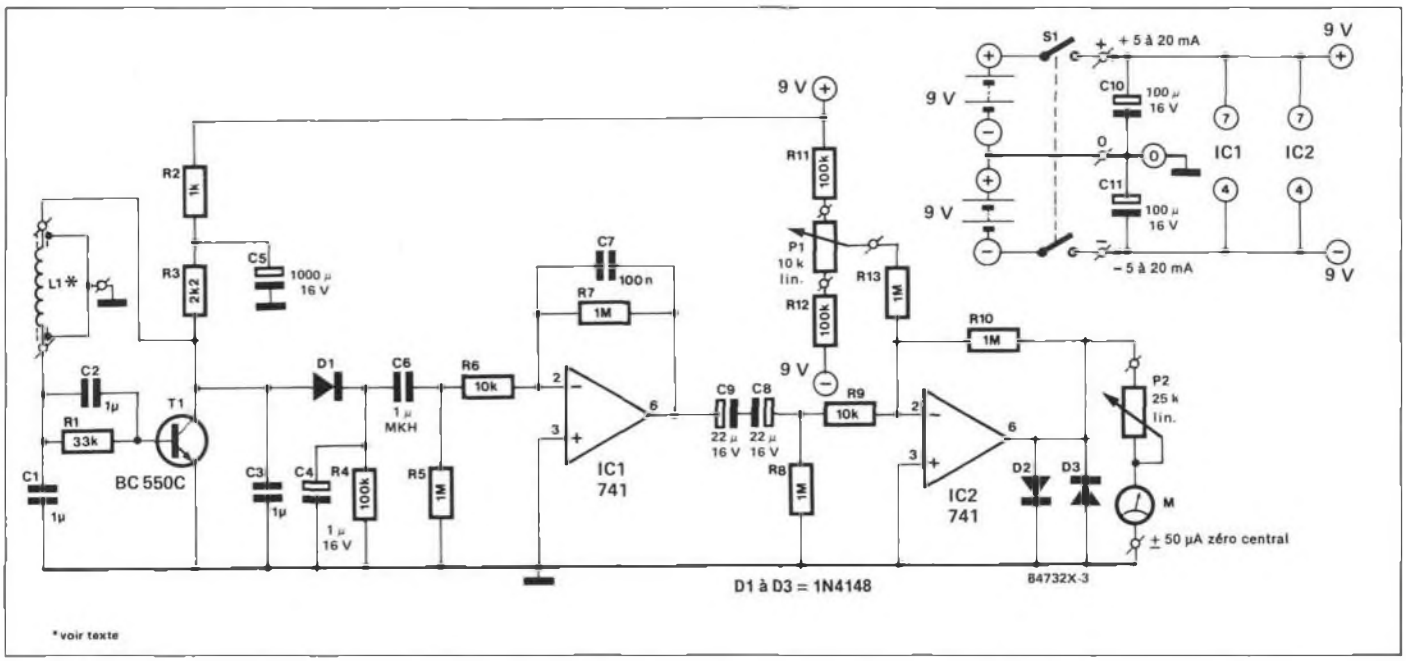


Figure 3 - Un schéma très simple qui fonctionne correctement. Les différentes fonctions du schéma de la figure 2 sont facilement reconnaissables. La bobine a repris sa place comme composant de l'oscillateur. Le couplage par condensateur entre les étages permet d'économiser une compensation de tension de décalage. L'alimentation est représentée séparément pour ne pas surcharger le schéma.

fréquence de l'oscillateur est stable, C4 et R4 trouvent un équilibre et la tension sur C4 est presque parfaitement stable. Que l'amplitude de l'oscillation vienne à varier, la valeur de la tension redressée et filtrée variera aussi.

Filtre passe -haut

Le condensateur C du schéma fonctionnel est en réalité le filtre passe-haut constitué par C6 et R5. Le filtre passe-haut a pour fonction de bloquer les basses fréquences et de transmettre les hautes. La limite entre les fréquences hautes et basses est fonction de la constante de temps fixée par les valeurs des composants. Dans notre cas, le continu est bloqué et c'est tout ce qui nous intéresse.

La constante de temps du réseau ne doit pas se calculer avec R5, mais avec R6. Voici pourquoi : l'amplificateur opérationnel fait en sorte que le potentiel de ses deux entrées soit égal, on dit que l'entrée non-inverseuse est une masse virtuelle puisque son potentiel est nul. La résistance à prendre en compte est donc R6, qui laisse passer, à tension égale, cent fois plus de courant que R5. La constante de temps du filtre passe-haut est donc de 10 ms (milliseconde, 10^{-3}).

Le reste du circuit constitue l'amplificateur de mesure, en deux étages. Le premier étage est organisé autour d'IC1, avec R6, R7 et C7. Le rapport entre R6 et R7 détermine le gain en tension de l'étage : 100. Le condensateur C7, court-circuit pour les fréquences élevées, diminue fortement le gain à ces fréquences ; il « calme » l'amplificateur en intégrant les variations de tension de sortie et empêche la naissance d'oscillations parasites.

C'est un deuxième filtre passe-haut, C8/C9/R8/R9, qui assure la liaison entre les deux étages. Ce deuxième étage réagit lui aussi exclusivement aux variations de niveau de la tension continue de sortie de l'étage précédent. Cette liaison capacitive nous évite d'installer un dispositif de compensa-

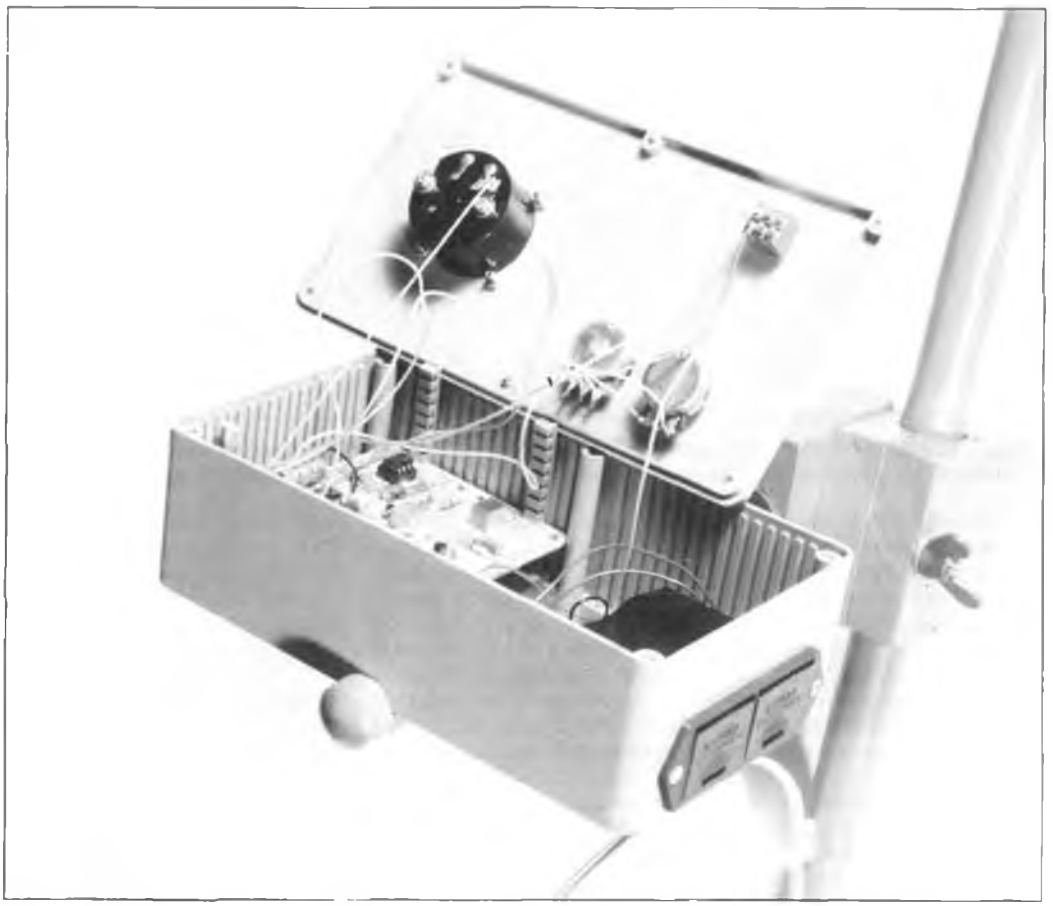


Photo 1 - Ne lésinez pas sur la taille du boitier. La construction et la manipulation n'en seront que plus agréables.

Liste des composants
R1 = 33 kΩ
R2 = 1 kΩ
R3 = 2,2 kΩ
R4,R11,R12 = 100 kΩ
R5,R7,R8,R10,R13 = 1 MΩ
R6,R9 = 10 kΩ
P1 = 10 kΩ lin.
P2 = 25 kΩ lin.
C1,C2,C3,C6 = 1 µF MKH
C4 = 1 µF/16 V
C5 = 1000 µF/16 V
C7 = 100 nF MKH
C8,C9 = 22 µF/16 V
C10,C11 = 100 µF/16 V
D1 à D3 = 1N4148
T1 = BC550C
IC1,IC2 = 741

1 platine d'expérimentation de format 2
L1 = 100 spires de fil de cuivre émaillé sur noyau en bois ou en plastique (Ø20 cm)
S1 = interrupteur bipolaire
M = galvanomètre à bobine mobile -50 . . . 0 . . . +50 µA
2 piles de 9 V

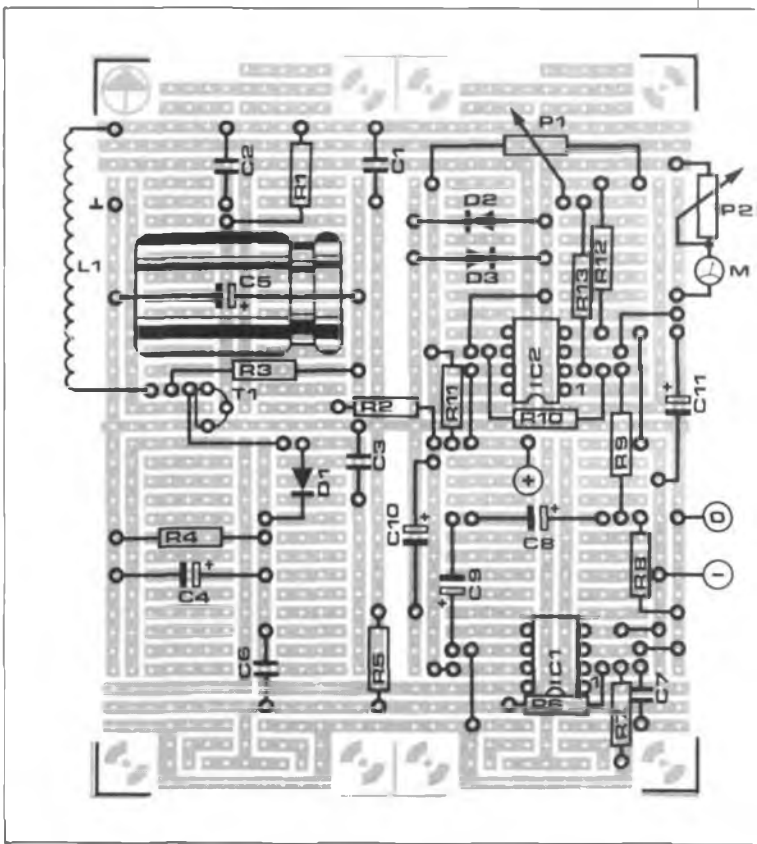


Figure 4 - L'implantation des composants sur la platine de format 2 ne fait appel à des doigts de fée. Du soin tout de même, et pas de confusion entre les lignes d'alimentation, il y en a trois : négatif, masse et positif. Les potentiomètres ne sont pas logés sur la platine, mais sur le couvercle du coffret, et raccordés par des fils souples. Ne coupez pas ces fils trop court, pour faciliter l'assemblage, le changement de piles ou le dépannage éventuel

tion de la tension de décalage du premier amplificateur opérationnel. Nous ne pourrons pas nous passer de compensation de la tension de décalage (offset) dans le deuxième étage : comme cet étage commande le galvanomètre en courant continu, il n'est pas question d'interposer un condensateur. Le gain de ce deuxième étage, fixé par le rapport entre R9 et R10, est ici aussi de 100. Les diodes D2 et D3 montées tête-bêche en sortie de l'amplificateur protègent le galvanomètre en empêchant la tension de sortie de prendre des valeurs supérieures à ±0,7 V. Le potentiomètre P2 permet le réglage de la sensibilité du détecteur.

Décalage

La tension de décalage est compensée par le potentiomètre P1 et les résistances R11 à R13. La tension de sortie d'un amplificateur opérationnel parfait doit être à zéro quand ses deux entrées sont au même potentiel. La réalité est autre : les imperfections inévitables font que la sortie présente une tension différente de zéro alors que la tension entre les entrées est nulle. La tension de décalage est définie comme la tension qui, appliquée à l'entrée, provoquerait l'écart constaté (voir «l'offset est une infirmité congénitale» dans le n°10, page 31).La solution est simple : appliquer à une des entrées la tension nécessaire pour annuler la tension de sortie. C'est ce que nous faisons au moyen du diviseur variable R11/P1/R12 et de la résistance R13. Nous ajoutons ainsi une faible tension, positive ou négative suivant la polarité du décalage, à celle de l'entrée non-inverseuse. Nous reviendrons sur ce point particulier dans le paragraphe « Utilisation ».

L'alimentation du circuit se fait par deux piles compactes de 9 V, assistées pour les moments de pointe par les deux condensateurs C10 et C11.

La construction

La plus grande partie des composants trouve place sur une platine d'expérimentation de format 2, conformément au plan d'implantation de la **figure 4**. C'est la partie la plus facile du travail, du moins la plus habituelle. La platine sera ensuite installée dans un coffret de dimensions suffisantes, les potentiomètres, l'interrupteur et le galvanomètre sur le couvercle. La **photo 1** montre comment notre prototype a été installé.

La bobine n'est pas installée dans le coffret, pour des raisons évidentes, liées non pas à sa taille, mais aux conditions d'utilisation du détecteur. Pour que l'appareil soit commode à utiliser, il faut que la bobine soit au ras du sol sans que le chasseur ait à ramper. La **figure 1** et les photos vous en diront plus qu'un long discours sur la construction de notre prototype, dont le manche est tout simplement un manche à balai en bois.

La bobine

La bobine est construite selon la **figure 5**. Le mandrin doit être entièrement en bois ou en plastique, ce qui demande un certain savoir-faire. Toutes les pièces doivent être collées, sans pointe ni vis métallique qui viendraient perturber le champ magnétique et altérer fortement la sensibilité du détecteur. Ce mandrin recevra 100 spires de fil de cuivre émaillé. Le diamètre du fil n'est pas critique et peut se situer entre 0,1 et 1 mm. Les deux extrémités du bobinage seront raccordées au circuit électronique au moyen d'un fil blindé dont la tresse sera reliée à la masse du circuit.

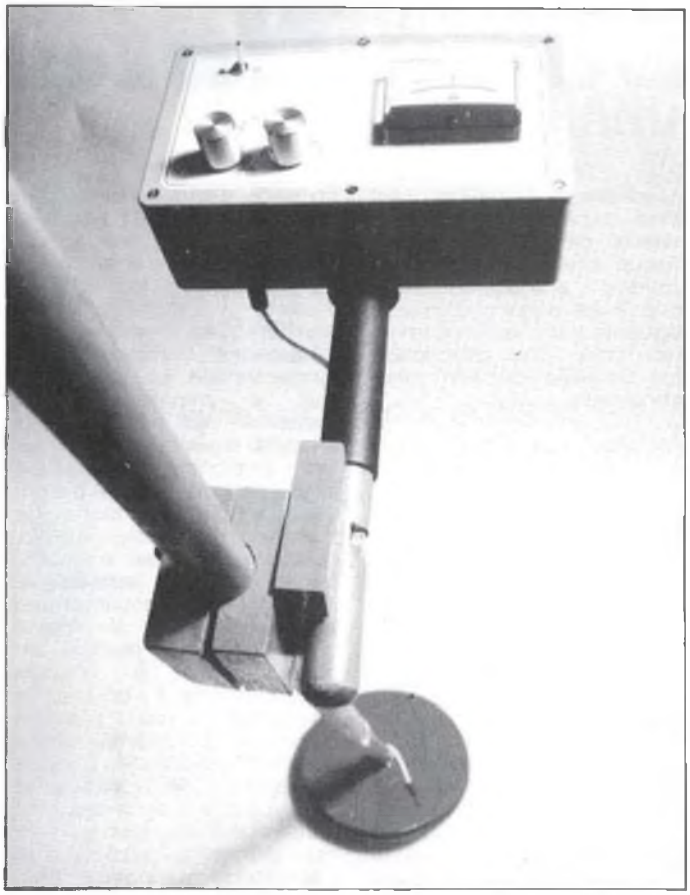


Photo 2 - Notez que la position du boitier sur le manche à balai n'est pas fixe. C'est ce qui permet à chacun d'adapter le détecteur à sa morphologie.

L'utilisation

Toutes les connexions électriques une fois réalisées, l'appareil est posé au sol et le potentiomètre P1 réglé pour que le galvanomètre indique zéro, au milieu de l'échelle. Ensuite P2 est réglé sur la position de résistance maximale, qui correspond à la sensibilité minimale du détecteur. Promenez la bobine sur la surface à explorer ; si l'aiguille ne bouge pas, augmentez la sensibilité au moyen de P2. Si pendant la recherche de petits objets (P2 en position de sensibilité maximale) vous tombez sur un sous-marin ou un porte-avions, l'aiguille ira cogner en butée. Comme la tension est limitée à 0,7 V, le galvanomètre le supportera quelques fois, mais ne testez pas trop souvent sa « tolérance ».

Et maintenant bonne chance dans vos recherches. Notez tout de même que les métaux non-ferreux, et l'or en particulier, se détectent moins facilement que la ferraille.

84732

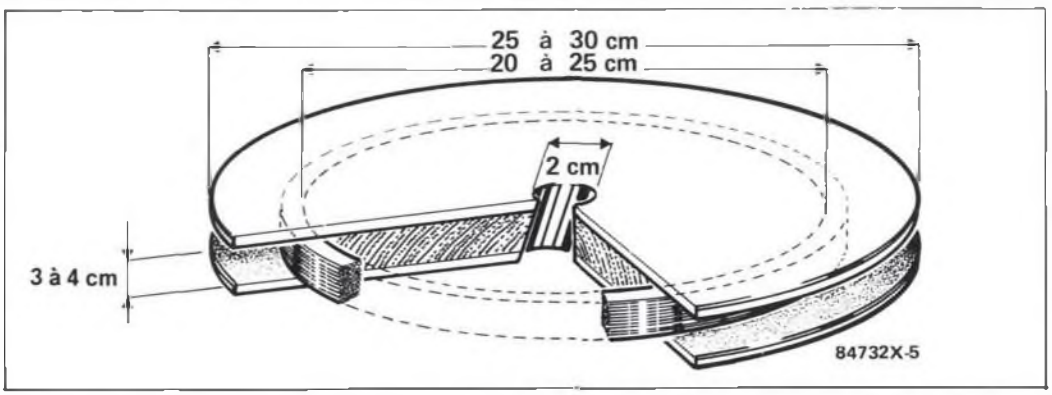


Figure 5 - La fabrication de la bobiner ne doit faire appel à aucune partie métallique, magnétique ou conductrice. Les dimensions ne sont pas critiques, il s'agit d'un compromis entre le champ embrassé et la sensibilité.

L'oscillateur Colpitts

L'oscillateur Colpitts est utilisé dans le détecteur de métaux de ce numéro, et évoqué brièvement dans la rubrique analogique anti-choc. Il est aussi d'utilisation fréquente dans les circuits HF. Voici donc une description plus détaillée de son fonctionnement.

L'oscillateur Colpitts n'a rien à voir avec les multivibrateurs astables que nous connaissons par ailleurs. Il se rapprocherait plutôt du circuit à réaction du récepteur Atlantis. Ces deux circuits utilisent des bobines et surtout ils oscillent grâce à la **réaction**.

La réaction est un phénomène que vous avez pu expérimenter en approchant un microphone d'un haut-parleur. Les vibrations sonores du haut-parleur sont captées par le microphone, transmises au haut parleur par l'amplificateur, et ainsi de suite, la boucle est bouclée. « Comment ? » vont demander ceux qui ont lu attentivement analogique anti-choc [et ils ont du mérite, car l'épisode de ce mois-ci est copieux] « on veut nous faire gober que la réaction suffit à provoquer une oscillation, pendant qu'on prétend ailleurs que l'amplification et la concordance de phase sont nécessaires ! » Du calme s'il vous plaît. Dans ce cas précis, on parle d'**effet Larsen**. L'effet Larsen ne se limite pas à la réaction de la sortie sur l'entrée. Pour que le sifflement se produise, il faut que le système introduise des harmoniques, c'est-à-dire des fréquences multiples de la fondamentale. Le son capté par le microphone est transmis au haut-parleur amplifié, mais aussi déformé. Les vibrations à la fréquence fondamentale sont superposées à des vibrations de fréquence double, triple, quadruple... C'est le résultat de la **distorsion harmonique**, que tous les amplificateurs introduisent plus ou moins dans le signal restitué en sortie. Ainsi à chaque passage dans la « boucle » la fréquence du signal augmente en même temps que son amplitude. D'où le sifflement de fréquence élevée. La fréquence de l'effet Larsen peut aller bien au-delà du domaine audible, et l'amplitude quelquefois bien au-delà des capacités du haut-parleur d'aigu, ou « tweeter », pour lequel c'est une cause de mortalité fréquente.

Cette digression sur l'effet Larsen voulait simplement illustrer ce qu'est la réaction. Notre sujet est l'oscillateur Colpitts, revenons-y. Lui et beaucoup d'autres fonctionnent par réaction, même si la chaîne reliant l'entrée à la sortie est beaucoup plus simple. Une fraction de l'énergie disponible en sortie est ré-injectée à l'entrée. La transmission de ce signal de réaction se fait par un circuit accordé sur une fréquence donnée. La fréquence de résonance d'un circuit LC (inductance-capacité) se calcule selon la formule de Thomson que nous rappelons ci-dessous.

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Comme toujours, la fréquence est en hertz, l'inductance en henrys, la capacité en farads.

Le chemin suivi par le signal de réaction n'est pas évident sur le schéma de la **figure 1**. Pour essayer d'y voir clair, considérons d'abord le fonctionnement du montage en courant continu. La source de tension d'alimentation doit faire circuler un courant dans le transistor. Le courant continu ne circule pas à travers les condensateurs, il doit donc être véhiculé par les résistances. La bobine se comporte vis-à-vis du courant continu comme un fil ordinaire, autrement dit une résistance très faible. Le schéma de la figure 1 une fois « nettoyé » des composants destinés à l'alternatif, nous obtenons le schéma équivalent de la figure 2. Équivalent pour le courant continu, entendons-nous bien. La base du transistor est alimentée par R3 et R1, ce qui fait conduire le transistor, provoquant une certaine chute de tension dans R3. La tension continue sur le collecteur du transistor ne nous intéresse pas, ce qui nous intéresse, c'est la tension alternative qui va s'y superposer.

Voyons maintenant comment sont agencés les composants destinés au courant alternatif (**figure 3**). Toujours dans un souci de simplification, écartons le condensateur de 1 nF en parallèle sur la résistance de base de T1 ; réflexion faite, supprimons aussi la résistance. La tension continue est beaucoup plus grande que la composante alternative, donc le transistor reste conducteur. Les deux condensateurs en série équivalent à un condensateur unique de capacité moindre (ici de moitié). Le circuit LC parallèle est un circuit accordé. La tension alternative à haute fréquence de l'oscillateur est présente aux bornes de ce circuit. Les deux condensateurs en série constituent un diviseur de tension alternative, comme le feraient deux résistances pour la tension continue. La tension alternative présente aux bornes de C1 est appliquée à la base du transistor, superposée à la tension continue que nous avons examinée plus haut. Les variations de tension sur la base provoquent des variations de courant dans le collecteur, donc des variations de tension de collecteur, donc des variations de tension aux bornes du circuit accordé. Comme ce sont les variations de tension aux bornes du circuit accordé qui provo-

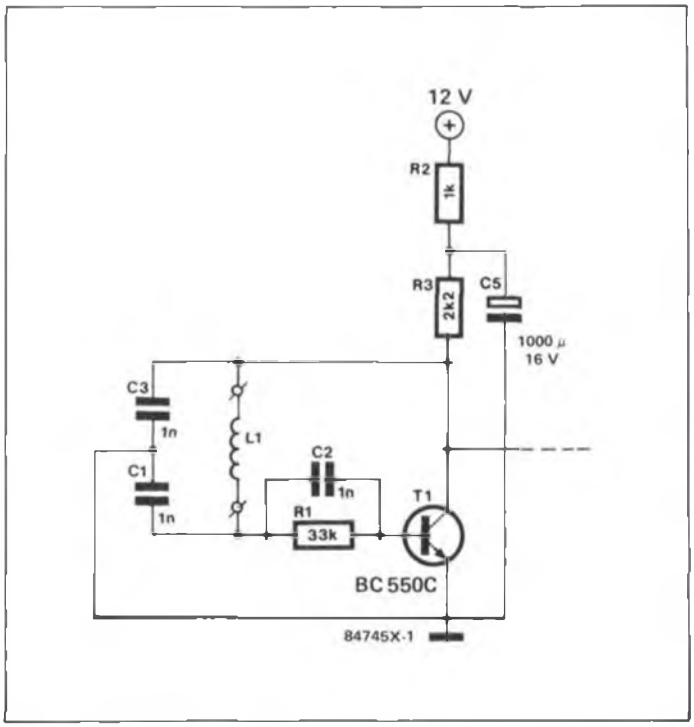


Figure 1 - Ce circuit est celui qui produit les oscillations du détecteur de métaux. La fréquence est fixée par les caractéristiques du circuit accordé L1-C1/C3, et modifiée par la proximité d'un objet métallique qui altère l'inductance de la bobine.

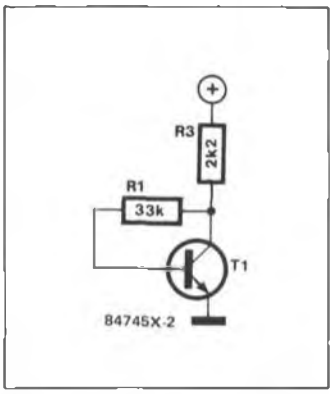


Figure 2 - Le fonctionnement en courant continu ne met en oeuvre que trois composants, la bobine étant considérée comme un court-circuit. Ce sont des tensions et courants alternatifs superposés aux tensions et courants continus qui caractérisent l'oscillateur.

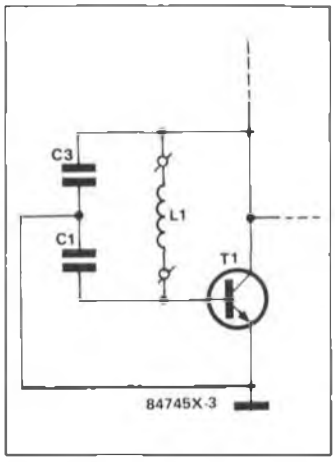


Figure 3 - Les condensateurs C1 et C3 constituent un diviseur de tension alternative. La fraction disponible sur C1 pilote la base du transistor. La résistance R1 du schéma de la figure 1 évite que le condensateur soit court-circuité par la jonction base-émetteur.

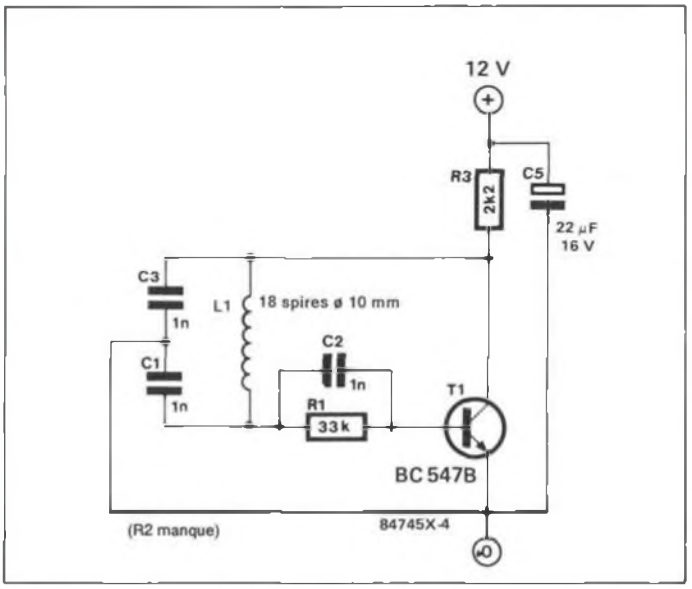


Figure 4 - Nous retrouvons presque l'oscillateur du détecteur de métaux. Celui-ci oscille sur 6 MHz. Vous ne risquez pas de poursuites, la portée de cet émetteur est très faible et il vous faudra même approcher votre récepteur pour constater l'émission. Le condensateur C5 sert à découpler la source de tension : il abaisse la résistance interne de la source vis-à-vis de l'alternatif.

quent les variations de tension sur le collecteur, les oscillations sont entretenues.

Remettons en service la résistance de base R1 et le condensateur en parallèle C2. La résistance limite l'intensité du courant de base et le condensateur accélère la transmission des changement de polarité.

Le circuit expérimental de la **figure 4** oscille sur quelque 6 MHz, dans la bande des 49 m (que vous pouvez recevoir avec tout poste de radio captant les ondes courtes. Le câblage « en l'air » est le plus rapide et le moins cher. L'inductance est faite de 18 spires de fil émaillé de 1 mm, bobinées sur un stylo-feutre. Vous ferez varier la fréquence en allongeant ou en raccourcissant la bobine, jusqu'à entendre votre oscillateur dans la bande des 49 m. Si vous faites vibrer la bobine en la tapotant ou simplement en frappant sur la table, vous l'entendrez nettement dans le haut-parleur du poste de radio. Cet effet s'appelle « microphonie » dans le monde des émetteurs-amateurs ; c'est un défaut qui affecte certains émetteurs, dont la fréquence varie du fait de vibrations de leurs composants, notamment sous l'effet du bruit. Il s'agit là d'une sorte de modulation de fréquence indésirable.

84745

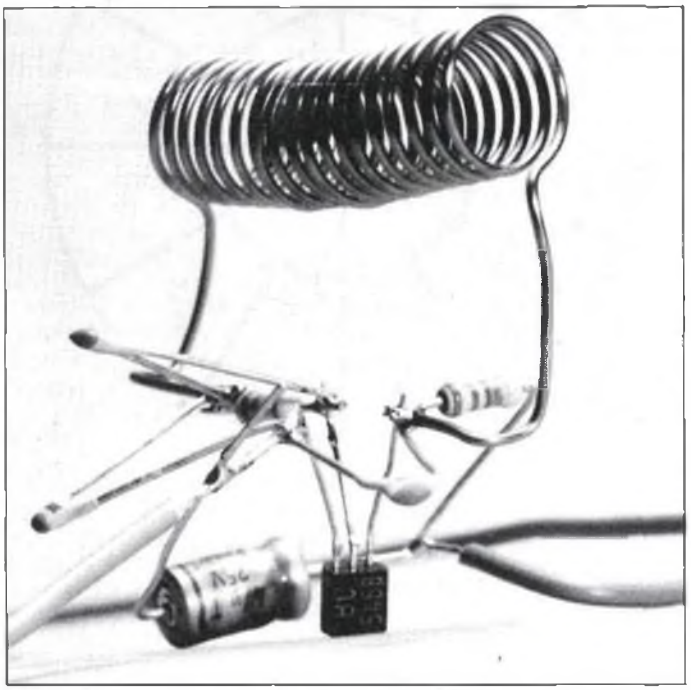


Figure 5 - Pour en finir avec les récriminations sur le prix des platines d'expérimentation.

ELECTRON-SHOP
CLERMONT-FERRAND

20-23 Avenue de la République (63)

Tél : Composants : 73.92.73.11
Tél : HP Son, Lumière : 73.90.99.93

Nos points forts : **CHOIX CONSEIL**

COMPOSANTS : choix et qualité en actifs et passifs

KITS : une gamme pour tout faire avec des grandes marques : Welleman - TSM-Plus-Pack

SONO : Tout pour le son et la lumière, mais surtout un spécialiste du HP : Audax-Monacor-Davis-Visaton-Rcf etc

Une visite s'impose : à bientôt

VOTRE PETITE ANNONCE

GRATUITE

DANS ELEX

. Offres/Recherches d'emploi

. Vente et achat de matériel d'occasion

. Echange de logiciel

. Clubs/Réunions

MINITEL - 36.15 + ELEX

Petites annonces ..... mot clé : PA

ELEX Le Seau BP 53 - 59 270 BAILLEUL
tél: 20 48 68 04 télécopie: 20 48 59 64
télex: 132 167 MINITEL: 3615 code ELEX
8h30 à 12h30 et de 13h15 à 16h15
Banque : Crédit Lyonnais -
Armentières n° 6631-61840Z
CCP PARIS 19020DV
libellé à "ELEX"

2ème année n°15 octobre 1989

ABONNEMENTS : voir encart avant-dernière page
PUBLICITE : Brigitte Henneron et Nathalie Defrance
ADMINISTRATION : Jeanine Debuyser et Marie-Noëlle Grare
DIRECTEUR DELEGUE DE LA PUBLICATION : Robert Salie

ont participé à la réalisation de ce numéro:
Jean-Paul Brodier - Yvon Doffagne - Denis Meyer - Guy Raedersdorf - NN

Société éditrice : Editions Casteilla
SA au capital de 50 000 000 F
siège social : 25, rue Monge 75005 PARIS
RC PARIS B : 562 115 493 SIRET : 00057 APE : 5112
principal associé: Sté KLUWER
Directeur général et directeur de la publication: Marinus Visser

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957 - art. 40 et 41 et Code pénal art. 245).

Dépôt légal : octobre 1989
N° ISSN : 0992-736X
N° : CPPAP : 70184
© ELEKTOR/CASTEILLA 1989

Maquette, composition et photogravure par GBS - BEEK (NL)
imprimé aux Pays-Bas par NDB - Leiden

Tous droits réservés pour tous pays

ELEX BAZAR

CHERCHE pour MSX2 disquette 3,5 ou cassette prgr. utilit. traitm texte, électro-radio. SÉBESTYÉN Lucien Tél : 53.54.52.63 24430 COURSAC

VENDS 4 livres + coffret matériel électronique fondamentale EUROTECHNIQUE. État neuf : 3500 FF. Tél : (1) 39.18.55.91

VENDS RAM 41256 120 ns : 45 F. OD32M : 1300 F. HCARD 32M : 2400 F. MODEM 24008 : 1600 F. LEct 720 K : 500 F. VGA : 1800 F. Tél : 93.43.11.62

CHERCHE octet à vent pour former orchestre de chambre avec quatuor de diodes. Rémi DOLASISOL, 9, square BEETHOVEN, 33 FRANCE-SOUS-BERRE

NOUVEAU CLUB MICROTEL au Mans pour électroniciens et informaticiens amateurs ! Demandez Cyril au 43.75.72.86

VENDS ATARI + jeux + lecteur K7 + alimentation 800 F à déb. Tél. 39.74.11.87 après 18 h (Frédéric)

VENDS Wobulateur METRIX 2328 : 3000 F. Ordinateur TRS80 couleur + jeux : 1300 F. DOBERSECQ 6, cité Les Jésuites 81100 CASTRES

ACHÈTE pour Micro MATRA ALICE accessoires et logiciels. Peux procurer brochure «mémoires d'ALICE». Tél : 31.92.14.80

ADHÉREZ à la Société Protextrice des Animots. Prenez part à notre lutte contre les manipulations orthographiques. Pour les mots-valises, contre les mots sans poignée ! Écrivez : LÉZÊ Paul 02 Saint-Pitre

CÉDE collection complète d'accents circonflexes pour cable, chassis, etc Écr. Shin WHA, place de la Tête Entre Les Mains, PÉKIN

CHERCHE poignée de porte logique arrachée le soir du défilé
Écr. JP GOUDE allée des Plaisantes 01 PARITÉ

CHERCHE orphelins à adopter par télécommande sans fils (parti sans laisser d'adresse)

Petites Annonces Gratuites ELEX

- Les petites annonces sont gratuites pour les particuliers. Les annonces à caractère commercial sont payantes d'avance au prix de 41,51 FF par ligne (35 FF HT).
- Les textes, lisiblement rédigés, ne seront acceptés *que sur la grille* ci-dessous (ou sa photocopie). N'oubliez pas d'inclure *dans votre texte* vos coordonnées ou n° de téléphone complet (avec préfixe "1" pour zone Paris).
- L'offre est limitée à une annonce par mois et par lecteur : joindre obligatoirement le *coin justificatif* valable jusqu'à la fin du mois indiqué.
- Indiquer *aussi en dehors* du texte votre nom et votre adresse complète : les envois anonymes seront refusés.
- ELEX se réserve le droit de refuser à sa discrétion les textes reçus, notamment en raison des limites de l'espace disponible ou d'un texte ne concernant pas l'électronique. En principe, les textes reçus avant le 15 du mois paraîtront le mois suivant.
- ELEX n'acceptera aucune responsabilité concernant les offres publiées ou les transactions qui en résulteraient.
- L'envoi d'une demande d'insertion implique l'acceptation de ce règlement.

ELEX - p.a.g.e. - B.P. 53 59270 Bailleul

Texte de l'annonce (inclure vos coordonnées) :

Compléter obligatoirement (hors annonce).

Nom _____

Adresse _____

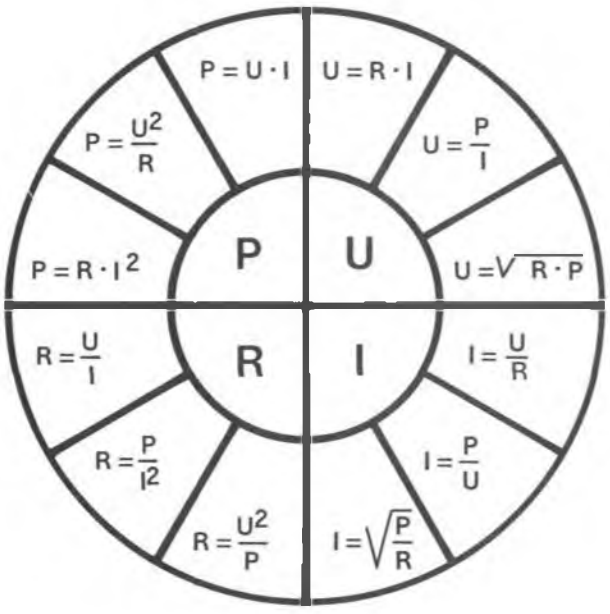
_____

Ne rien inscrire ici. Merci

Justificatif : photocopies refusées

page elex octobre 1989

La loi d'Ohm en courant continu.



R = résistance	Ω	ohm
U = tension	V	volt
I = intensité	A	ampère
P = puissance	W	watt

896147X - 11

six d'un coup

les oscillateurs construits autour d'un seul opérateur logique

à lire aussi dans ce n° : la logique sans hic II, 8e partie
pourquoi et comment oscillent-ils ?
multivibrateurs astables

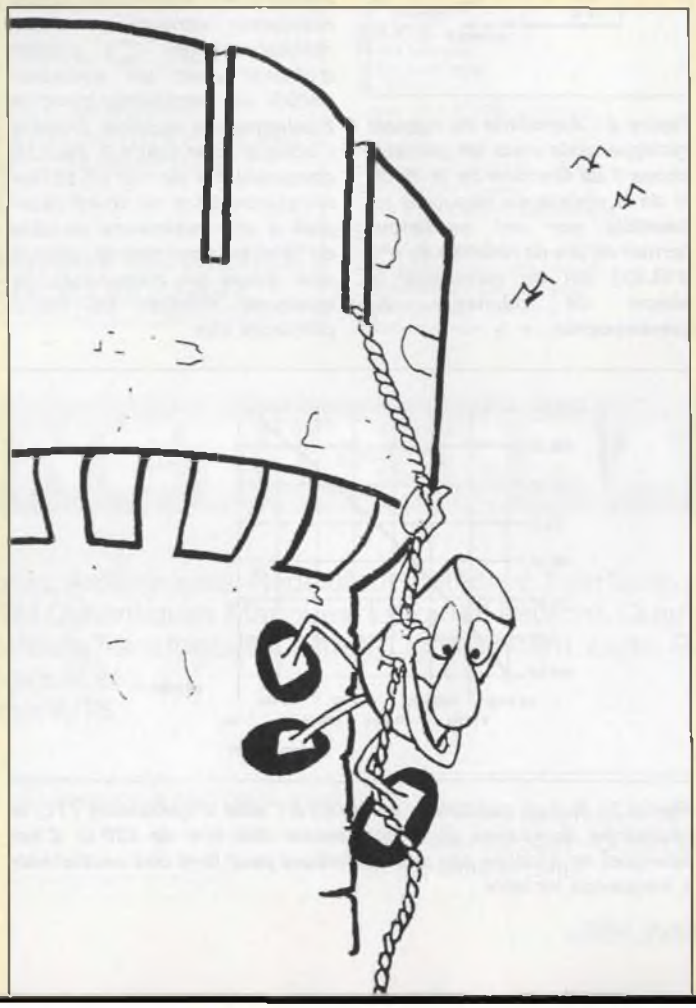
Un seul circuit intégré pour faire six 6 oscillateurs, ça doit coûter une fortune. C'est un circuit intégré très spécial, non ?
Oh non, c'est un circuit logique à quelques francs, comprenant six inverseurs à entrées en trigger de Schmitt. C'est tout. Étonnant !

Un inverseur, nous l'avons vu dans la rubrique *la logique sans hic* est un circuit qui transforme un niveau logique haut en niveau logique bas et... inversement, c'est le cas de le dire !

Deux seuils différents

Quand son entrée est en **trigger** de Schmitt, elle est dotée d'un circuit de déclenchement (= **trigger**) spécial qui en définit avec précision les seuils de basculement. Plus encore que la valeur exacte de ces seuils, il importe qu'ils soient différents l'un de l'autre : pour que l'inverseur considère le niveau d'entrée comme haut, il faut que la tension dépasse un certain seuil, **nettement plus élevé** que celui en-dessous duquel le même inverseur considère le niveau d'entrée comme bas.

Cette différence entre le seuil de basculement ascendant et le seuil de basculement descendant correspond à une zone morte, une plage qu'en physique et plus précisément en électronique on appelle l'hystérésis ou hystérèse (Oh hisse, Thérèse !), du grec *hustérein* « être en retard ». N'y a-t-il pas un décalage entre les deux seuils ? Le basculement dans un sens intervient en effet **en retard** par rapport au basculement dans l'autre sens. Tant que la tension d'entrée se trouve dans cette plage sans atteindre ni dépasser le seuil, le niveau logique reste inchangé. Certains représentants des familles logiques sont très utilisés en raison de cette caractéristique ; ce sont par exemple le 74LS14 dans la famille TTL-LS, ou encore le 4584 dans la famille CMOS.



Il suffit donc d'une résistance et d'un condensateur pour faire un oscillateur d'un tel inverseur. C'est ce que montre la **figure 1**. Si l'on considère que l'on peut monter aisément deux circuits intégrés de type 4584/40106 sur une platine d'expérimentation de format 1, on arrive à 12 oscillateurs. Quel raffut !

L'inverseur devient multivibrateur

Voyons plutôt comment fonctionne un tel oscillateur. Il importe de considérer les choses telles qu'elles sont lors de la mise sous tension. Le condensateur est déchargé, la tension d'entrée de l'inverseur est donc encore nulle puisqu'il n'y a pas de différence de potentiel entre les armatures de C. La sortie de l'inverseur passe par conséquent au niveau haut, c'est-à-dire qu'il y règne une tension proche

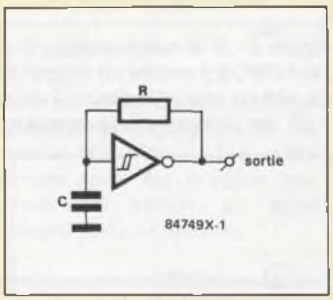


Figure 1 - L'inverseur à entrée en trigger de Schmitt permet de confectionner un générateur de signaux carrés qui oscillent à une fréquence déterminée par la valeur de R et C.

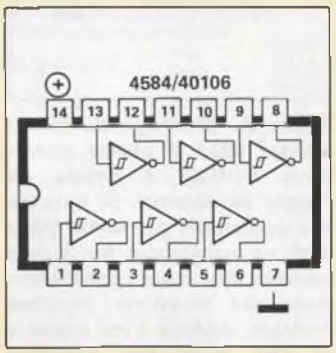


Figure 2 - Puisqu'il existe des circuits intégrés dans lesquels on trouve 6 inverseurs à entrée en trigger de Schmitt, il est possible de construire autant d'oscillateurs à l'aide d'un seul circuit de ce type.

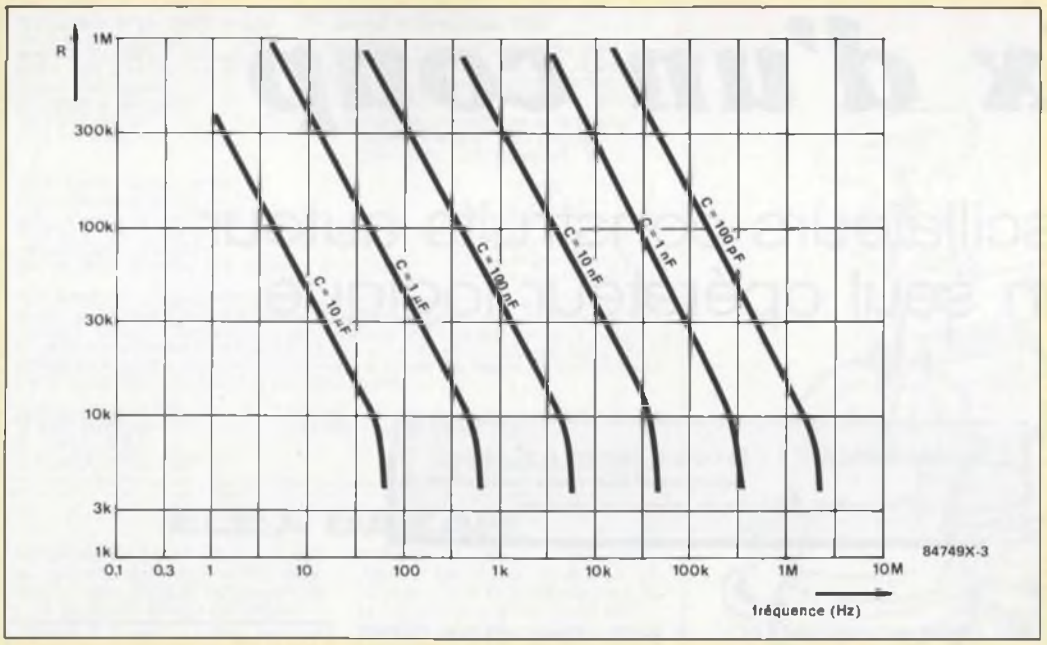


Figure 3 - Si le condensateur C du réseau de temporisation d'un oscillateur construit autour d'un inverseur CMOS à entrée en trigger de Schmitt a une valeur de 100 nF, il faudra, pour obtenir une fréquence de 100 Hz une résistance R de 300 kΩ environ. Avec une résistance de 100 kΩ et un condensateur de 1 nF, on obtiendra une fréquence d'environ 50 kHz.

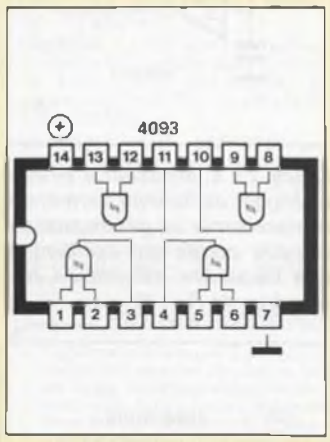


Figure 4 - Brochage du circuit intégré 4093 à quatre opérateurs NON-ET à entrée en trigger de Schmitt. Si l'un de ces opérateurs est utilisé pour faire un oscillateur, les autres peuvent être mis à contribution pour des fonctions logiques annexes, comme c'est souvent le cas dans des schémas d'ELEX.

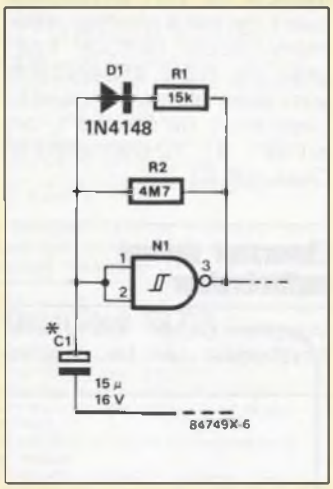


Figure 6 - Asymétrie du rapport cyclique, cela vous dit quelque chose ? La fonction de la diode et de la résistance rajoutées en parallèle sur cet oscillateur (extrait du jeu de réflexes du n°9 d'ELEX) est de raccourcir le temps de décharge du condensateur.

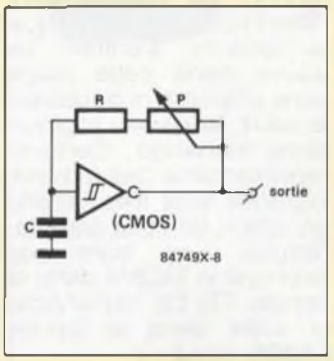


Figure 8 - L'association d'une résistance variable et d'une résistance-talon permet d'obtenir avec un opérateur CMOS un oscillateur dont la fréquence est réglable. D'après l'abaque de la figure 3, avec un condensateur de 100 nF et une résistance-talon de 10 kΩ associée à une résistance variable de 500 kΩ, on devrait couvrir une plage de fréquences de quelques dizaines de Hz à plusieurs kHz.

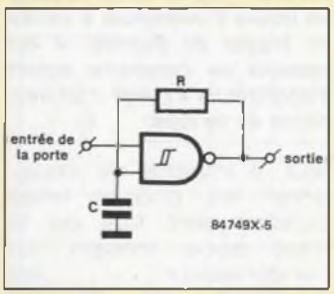


Figure 5 - Il est intéressant d'utiliser les opérateurs NON-ET pour confectionner des oscillateurs : l'une des deux entrées pourra servir d'entrée de commande pour bloquer ("0") ou débloquer ("1") l'oscillateur selon le niveau logique qui y est appliqué.

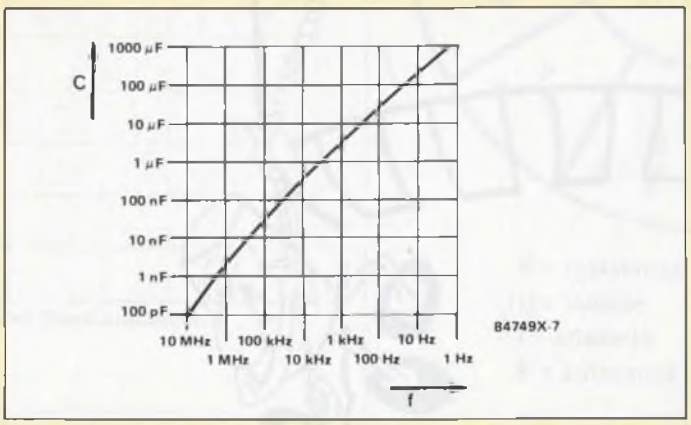


Figure 7 - Sur un oscillateur construit à l'aide d'opérateurs TTL, la résistance du réseau de temporisation doit être de 330 Ω. C'est pourquoi on n'utilise pas ces opérateurs pour faire des oscillateurs à fréquence variable.

de la tension d'alimentation. Cette tension est appliquée au condensateur par l'intermédiaire de la résistance R. Le condensateur se charge ; la tension d'entrée de l'inverseur augmente et finit par atteindre et dépasser le seuil de basculement supérieur du trigger de Schmitt. L'opérateur logique qui considérait le niveau d'entrée comme bas jusqu'alors interprète à présent la tension aux bornes du condensateur comme un niveau haut. Aussitôt la sortie de l'inverseur passe au niveau logique bas. Le premier basculement à eu lieu.

La résistance R se trouve portée maintenant à un potentiel proche de 0 V. Par conséquent le condensateur va se décharger petit à petit à travers elle. Quand, en baissant, la tension entre les armatures du condensateur finit par dépasser le seuil de basculement inférieur de l'opérateur, le circuit retrouve sa configuration initiale : l'entrée de l'inverseur est au niveau bas, sa sortie au niveau haut. Le deuxième basculement a eu lieu et il n'y a pas de raison que cela s'arrête.

Charge et décharge du condensateur se suivent immuablement à une cadence que déterminent conjointement la valeur de R et celle de C, mais aussi la tension d'alimentation et le type de circuit intégré.

Plus la valeur des composants du réseau RC est forte, plus la charge et la décharge du condensateur sont lentes, et plus la fréquence d'oscillation sera basse.

L'utilisation du terme « osciller » est impropre ; il faudrait le réserver aux circuits qui produisent un changement périodique de sens avec progression constante. Or nos multivibrateurs passent brutalement d'un niveau à l'autre. Ils produisent un signal carré ou des créneaux.

Différents types

Les circuits intégrés de la famille logique CMOS du type 4584 ou 40106 font de bons oscillateurs. On peut les utiliser jusqu'à des

fréquences de l'ordre de 1 MHz. L'abaque de la **figure 3** indique les valeurs de composants à utiliser pour obtenir une fréquence donnée entre 0,1 Hz (10 secondes pour une oscillation...) et au delà de 1 MHz (1 million d'oscillation par seconde). Il faut éviter d'utiliser des résistances dont la valeur est inférieure à 1 kΩ ou supérieure à 1 MΩ.

Dans la même famille, les opérateurs NON-ET à entrée en trigger de Schmitt (**figure 4**) font aussi d'excellents oscillateurs. La deuxième entrée de l'opérateur pourra servir accessoirement d'entrée de commande, comme le montre la **figure 5**. Ce schéma-là, vous le rencontrerez souvent dans les numéros à venir d'ELEX. Il est apparu pour la première fois dans des schémas du numéro 2 : il s'agissait de la minuterie de bronzage et du gyrophare, vous souvenez-vous ?
Et si vous ouvrez votre numéro 9 d'ELEX page 29, vous découvrirez sur la figure 2 la présence d'une diode montée en série avec une deuxième résistance (R1) elle même montée en parallèle avec la résistance « normale » du réseau RC (R2). Vous souvenez-vous de sa fonction ?

Dans l'article intitulé « pourquoi et comment oscillent-ils ? » que vous trouverez ailleurs dans ce numéro-ci, nous revenons sur ce détail. Pour l'instant, nous allons plutôt nous intéresser aux oscillateurs construits à l'aide d'opérateurs logiques de la famille TTL (alimentée sous + 5 V).

Particularités

On recommande d'utiliser une résistance de 330 Ω pour boucler la sortie d'un opérateur TTL sur son entrée. Pour les circuits de la famille LS, on peut utiliser une résistance de 1 kΩ, voire 2 kΩ quand la fréquence d'oscillation doit être très basse. Le diagramme de la figure 7 permet de déterminer la valeur du condensateur en fonction de la fréquence d'oscillation souhaitée (pour R = 330 Ω). Compte tenu du fait que la valeur de la résistance est fixe sur les oscillateurs construits autour d'opérateurs logiques de la famille TTL, il est préférable de faire appel à des opérateurs CMOS chaque fois que l'on désire obtenir une fréquence variable : il suffit alors de monter une résistance variable en série avec une résistance-talon. Le réglage de la fréquence d'oscillation peut se faire sur une large plage si la valeur du potentiomètre est bien choisie.

84749

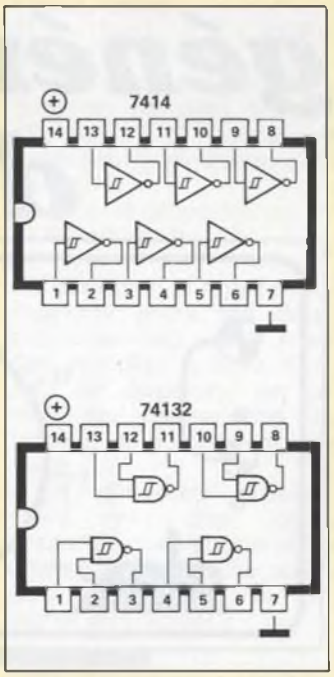


Figure 9 - Brochage de quelques opérateurs logiques de la famille TTL 74xx. Les différences entre les familles logiques sont traitées en détail ailleurs dans ce numéro.

Nice COMPOSANTS DIFFUSION

J E A M C O

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
CONNECTIQUE INFORMATIQUE — KITS — SONO
MESURE — OUTILLAGE — MAINTENANCE
LIBRAIRIE TECHNIQUE

12 rue Tonduti de L'Escarène 06000 NICE
Tél: 93.85.83.78 Fax: 93.85.83.89

Selectronic

NOUVEAUX KITS ELEX!

TEL. 20.52.98.52 - 86 rue de Cambrai BP 513 - 59022 Lille Cedex
LE LEADER DE L'ELECTRONIQUE PAR CORRESPONDANCE
Vous propose en kit les réalisations dans ELEX!

	REFERENCE DU KIT	PRIX DU KIT	PLATINE ELEX A PREVOIR
ELEX n° 13			
Barrière lumineuse	101.9124	70.00 F	1
LESLIE électronique	101.9125	65.00 F	1
Coq électronique (avec coffret HEILAND et photopile SOLEMS)	101.9127	135.00 F	
PHOTOPHONE (avec LED I.R. et pile 9 V)	101.9128	130.00 F	1
Anti-moustiques (avec coffret HEILAND)	101.9129	65.00 F	1
ALARME anti-vol complète	101.9130	122.00 F	1
Testeur d'ampoules et fusibles (avec pile)	101.9131	54.00 F	1
ELEX n° 14			
OHMMÈTRE amélioré	101.9132	85.00 F	2
Mélangeur stéréo (avec coffret et pile)	101.9133	224.00 F	2
TACHYMÈTRE pour vélo (avec galva)	101.9134	220.00 F	1
Milli-voltmètre audio (avec galva)	101.9135	180.00 F	1

(Conditions générales de vente: Voir notre publicité page 3)

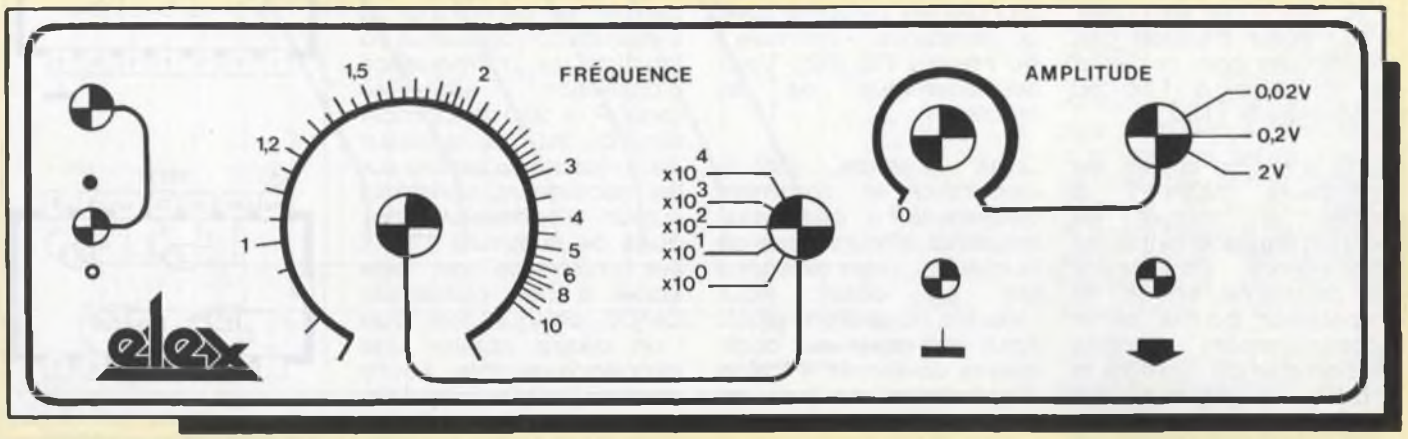
MAGNETIC-FRANCE

Circuits Intégrés, Analogiques, Régulateurs Intégrés, Interfaces, Micro-Processeurs, Mémoires RAM Dynamiques Statiques, Eprom et Eeprom, Quartz, Bobinage, Semi-Conducteurs Transforiques, Filtres, Ligne à retard, Leds, Supports de CI, Ponts, Opto-Electronique, etc.
Et de nombreux KITS.

Bon à découper pour recevoir le catalogue général
Nom
Adresse
Envoi : Franco 35 F - Vendu également au magasin

11, Place de la Nation, 75011 Paris 43 79 39 88
Télex 216 328 F - Ouvert de 9 h 30 à 12 h et de 14 h à 19 h
Fermé le Lundi.

générateur sinusoïdal de laboratoire



de 10 Hz à 1 MHz

Pour équiper un petit laboratoire d'électronique à domicile, on commence généralement et en toute logique par le fer à souder et le multimètre. Puis viennent la perceuse, l'alimentation universelle, une autre alimentation universelle, etc.

Sur la question de l'oscilloscope les avis divergent : ELEX a pourtant montré, en encourageant la diffusion d'oscilloscopes bon marché (TORG pour ne pas le nommer), que l'acquisition d'un tel appareil de mesure était envisageable très rapidement par tous ceux qui se sentent des atomes crochus avec l'électronique.

Une fois le pas franchi, il reste, pour pouvoir tirer parti de l'oscilloscope, à s'équiper d'une bonne source de signal universelle, un GÉNÉRATEUR DE FRÉQUENCES SINUSOÏDALES. La voici.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des raisons qui font du générateur sinusoïdal l'outil de base que l'on utilise pour mesurer des phénomènes aussi différents les uns des autres que des fréquences de résonance, des puissances, des capacités ou des inductances. A en juger par l'impression que donne la figure 1, le générateur n'est pas, même dans sa version dite simple, un circuit à classer dans la catégorie « facile ». Aussi n'est-il pas superflu de recommander aux lecteurs pressés de mettre un frein à leur enthousiasme : lisez d'abord l'article in extenso, ensuite vous passerez à l'action !

Le pont de Wien-Robinson

La difficulté du circuit qui nous occupe, ce n'est pas de produire une sinusoïde aussi sinusoïdale que possible, mais d'en produire une dont la fréquence soit réglable à volonté par l'utilisateur du circuit. Si l'on prend comme point de départ l'oscillateur que nous vous avions proposé pour *la mesure de puissance au multimètre* dans le n°9 d'ELEX, en mars 1989, page 25, il faudrait agir simultanément sur **trois** résistances et **trois** condensateurs pour obtenir un changement de fréquence. Il y a heureusement plus simple...

Précisons d'emblée en toute modestie que le

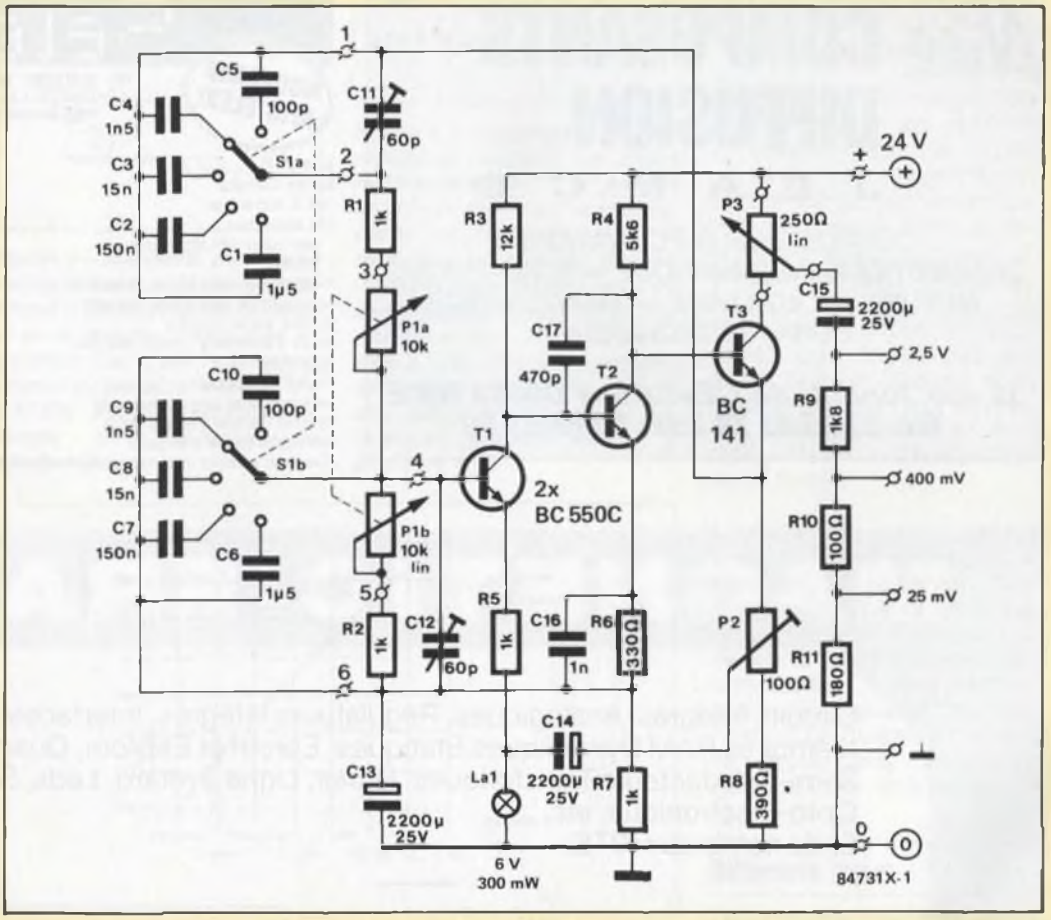


Figure 1 - Même dans sa version simple, le générateur sinusoïdal a quelque chose d'impressionnant ; ceci s'explique par la présence de trois transistors dans l'étage amplificateur et d'une double série de six condensateurs laquelle permet de changer de gamme de mesure et couvrir un domaine de fréquences très étendu.

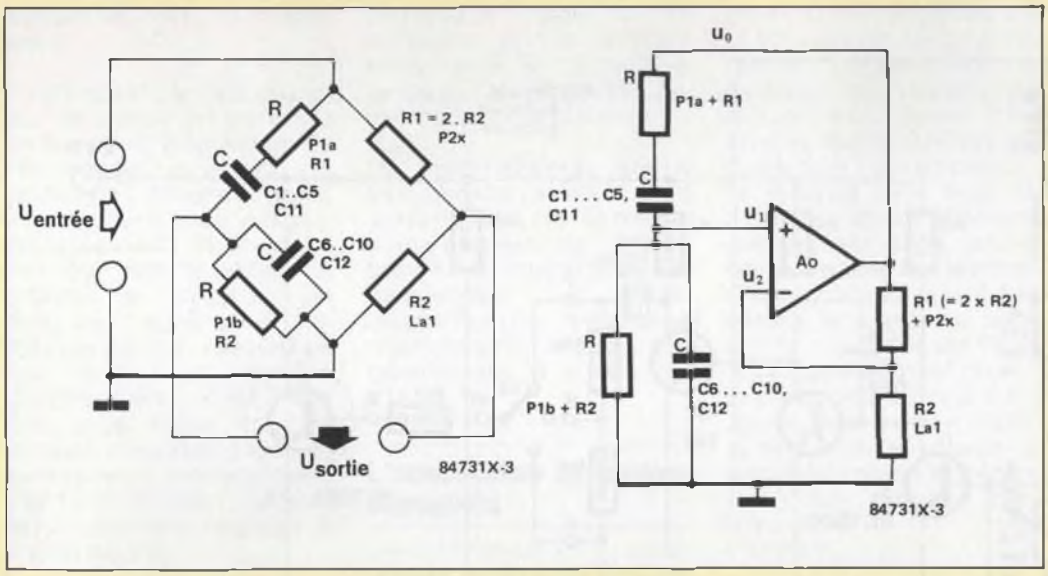


Figure 2a - Voici le principe moteur du générateur sinusoïdal : le pont électronique de Wien-Robinson dont la tension de sortie est nulle quand il est accordé, c'est-à-dire quand le rapport entre les résistances ohmiques des deux branches sont identiques. Ceci est le cas seulement pour une fréquence donnée, la fréquence de résonance.

Figure 2b - Le pont de Wien-Robinson avec son élément actif représenté ici sous la forme d'un amplificateur opérationnel. L'élément stabilisateur est l'ampoule La1 dont le filament a un coefficient thermique positif ; sa résistance augmente avec sa température.

montage obtenu nous a paru si performant que nous l'avons présenté non seulement sous une forme normale, dite simple, mais aussi en une deuxième version, avec un étage de sortie de puissance. Le luxe !

Pour produire des fréquences jusqu'à 1 MHz environ, le circuit en pont de Wien-Robinson est *un moteur* qui convient parfaitement. Il s'agit là d'un oscillateur à réseau RC comme celui que nous venons d'évoquer, mais dans une configuration assez différente.

Le pont de Wien-Robinson de la **figure 1** se présente sous la forme d'une part d'un réseau RC en série (P1a + R1/C1 à C5 + C11) et d'un réseau RC en parallèle (P1b + R2/C6 à C10 + C12), et d'autre part d'un circuit formé par tout ou partie de la piste de P2 et de l'ampoule La1. Ça c'est le pont tel que la **figure 2** nous le présente hors de son contexte.

Dans la diagonale, entre les points où se rejoignent d'un côté les réseaux RC et de l'autre P2 et La1, on trouve un amplificateur pour tension alternative que forment T1, T2 et T3.

Ce pont électronique mérite qu'on s'y arrête, pour l'étudier sous sa forme simplifiée de la **figure 2a**. Ce qui caractérise le pont est l'absence de tension de sortie (0 V) quand le rapport entre les résistances ohmiques des moitiés gauche et droite du pont est le même. C'est le cas avec des tensions alternatives chaque fois que la tension d'entrée du pont oscille à la fréquence de résonance du réseau :

$$f_{rés} = \frac{1}{2\,(\pi \cdot R \cdot C)}$$

La fréquence de résonance d'un circuit est la fréquence à laquelle le signal appliqué à l'entrée de ce circuit en ressort avec l'amplitude la plus forte possible. Pour un filtre, la fréquence de résonance est aussi la fréquence à laquelle le circuit se met à osciller si les conditions requises par ailleurs sont remplies.

Prenons un fréquence de résonance de 50 Hz pour commencer. La résistance ohmique de C1 et C6 est alors de

$$\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50\ \text{Hz} \cdot 1{,}5\ \mu\text{F}}$$

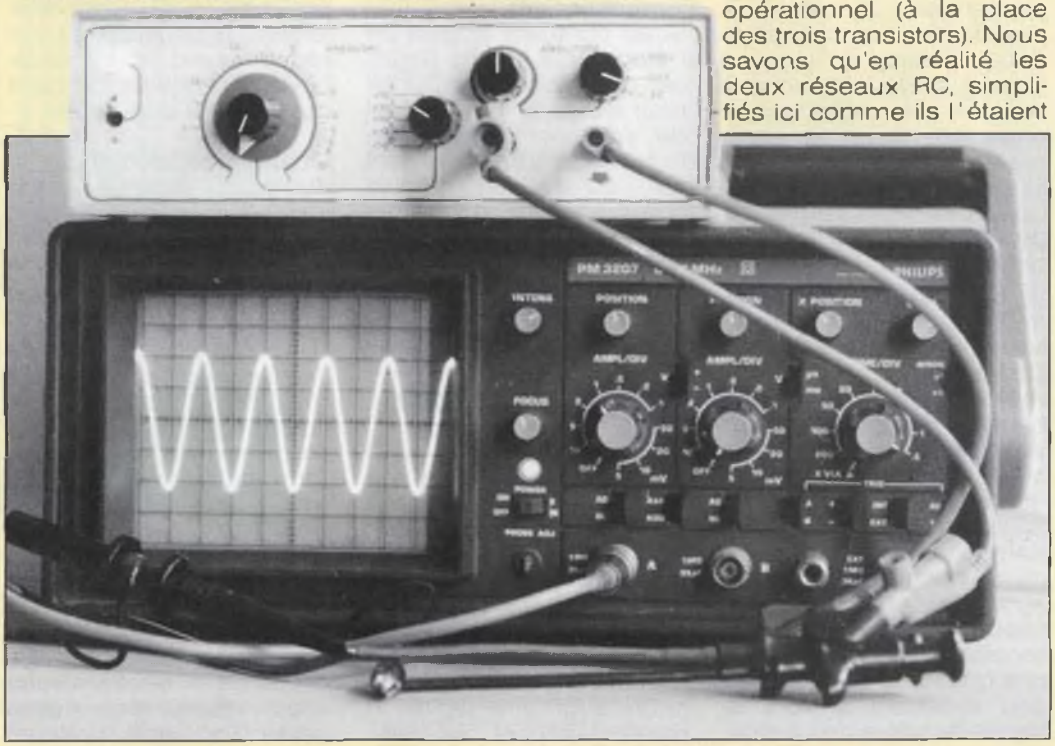
soit 2,1 kΩ. Le curseur de P1a et P1b est à mi-course, leur résistance est de 5 kΩ; nous aurons donc dans le réseau sériel
(5 + 1) kΩ + 2,1 kΩ = 8,1 kΩ
et dans le réseau parallèle, 6 kΩ en parallèle sur 2,1 kΩ, soit 1,6 kΩ. Le rapport entre les deux réseaux est de 8,1/1,6 = 5.
En face, le rapport entre R1 et R2 est de 2.

La condition d'égalité des rapports entre les deux branches du pont n'est pas remplie, le pont n'est pas en équilibre, on dit qu'il est désaccordé, la tension de sortie n'est pas nulle.
C'est d'ailleurs précisément ce que nous voulons : que ferions-nous d'une tension nulle alors que nous voulons un signal sinusoïdal ?

Mais n'allez pas imaginer que la sortie du pont nous donne le signal sinusoïdal. Il se trouve au contraire que ce qui rend le pont de Wien-Robinson si utile dans cette application, c'est précisément le fait que sa tension de sortie est toujours la même en cas de déséquilibre (si la tension d'entrée est constante).

Ce pont oscille

Du pont à l'oscillateur, il n'y a qu'un pas que nous franchirons avec la **figure 2b** qui donne une vue schématique de l'oscillateur avec son élément actif représenté ici sous la forme d'un amplificateur opérationnel (à la place des trois transistors). Nous savons qu'en réalité les deux réseaux RC, simplifiés ici comme ils l'étaient



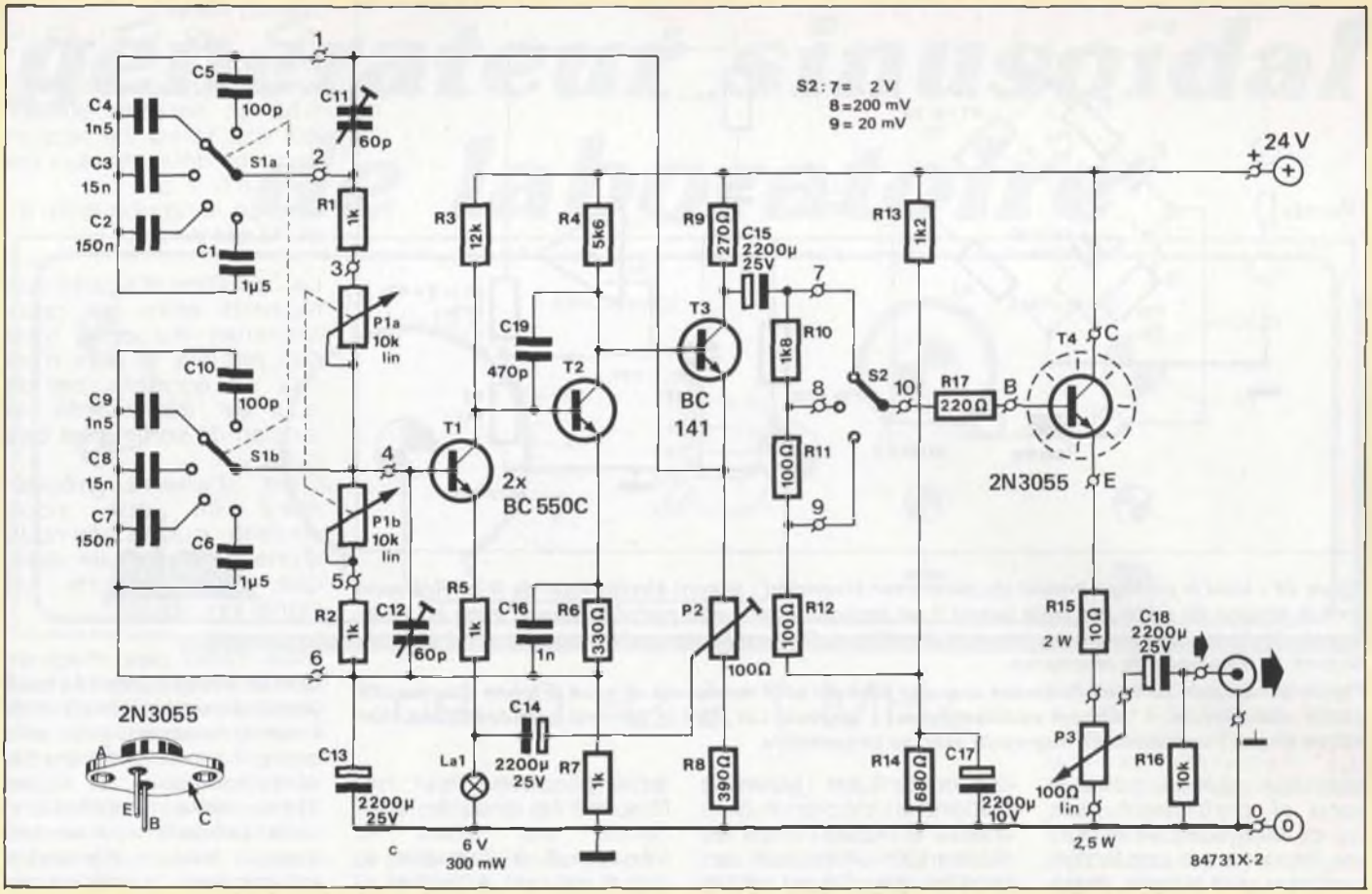


Figure 3 - Le schéma du générateur sinusoïdal dans sa version dite de luxe. En fait de luxe, le circuit possède un étage de sortie de puissance capable d'attaquer simultanément plusieurs autres appareils à la fois. Au réglage d'amplitude P3 vient s'ajouter une commutation de gamme (S2).

déjà sur la figure 2, comportent plusieurs composants. Ce sont les valeurs de ces composants qui déterminent la fréquence d'oscillation.

Si nous pouvions étudier, sur un oscilloscope par exemple, le rapport entre les tensions U_1 et U_0 à diverses fréquences, nous découvririons qu'il n'y a qu'une seule fréquence à laquelle le déphasage entre les deux tensions est parfaitement nul. C'est elle que l'on appelle, vous l'avez deviné, la fréquence de résonance. La formule pour la calculer a été donnée ci-dessus ($f = 1/2\pi RC$).

On constaterait sur le même oscilloscope qu'à cette fréquence, la tension de sortie U_0 est précisément trois fois plus forte que la tension d'entrée U_1. Si l'on multiplie par trois l'amplitude de U_1 avant de la réinjecter à U_0, on aura un va-et-vient dans le circuit : celui-ci oscille, du moins sur le papier. En pratique, si le gain est un peu supérieur à trois, le signal de sortie de l'amplificateur ne va pas cesser de croître jusqu'à ce que son amplitude atteigne la limite que lui impose la tension d'alimentation. Ceci aurait pour conséquence déplorable de transformer notre signal sinusoïdal en un signal carré, ou du moins partiellement écrêté.
Si au contraire le gain de l'étage actif est, ne serait-ce que faiblement, inférieur à trois, le mouvement de va-et-vient s'essouffle, l'oscillation s'arrête si tant est qu'elle ait jamais commencé. Il nous faut donc un élément de linéarisation qui empêche les phénomènes évoqués ci-dessus de se produire.

Une ampoule qui n'éclaire rien

Pour la stabilisation de l'amplitude, on fait appel à l'ampoule à filament La1. Nous savons que le filament est traversé par un courant qui augmente quand la tension elle-même augmente. Or le filament chauffe, sa température augmente (agitation moléculaire) et sa résistance en fait autant, ce qui a pour effet de limiter le courant. C'est précisément cette propriété de l'ampoule que nous mettons à profit dans le circuit d'émetteur de T1, le premier étage amplificateur dans la diagonale du pont. Quand la tension de sortie du pont augmente, le gain de cet étage se voit réduit puisque la résistance d'émetteur (= celle du filament) augmente.

Quand la tension de sortie du pont diminue, c'est juste l'inverse, le gain augmente (la tension baisse, le courant aussi, la température aussi, la résistance aussi . . .).

Le courant qui traverse l'ampoule est si faible qu'il n'est malheureusement pas possible d'observer le processus de stabilisation. L'ampoule reste éteinte, vous ne distinguerez rien à l'oeil nu, mais cela ne signifie nullement qu'il ne se passe rien.

Arrivés à ce point, nous n'avons toujours pas de circuit qui oscille. Vous vous demandez sans doute d'où vient d'ailleurs cette « tension d'entrée du pont » dont nous parlons comme si elle allait de soi.

Un circuit n'oscille que s'il est soumis à une réaction. Nous vous expliquons ça plus en détail dans d'autres articles de ce numéro, notamment dans la rubrique *analogique anti-choc*. On y parle aussi de deux autres conditions *sine qua non* de l'oscillation : le rapport de phase et d'amplitude des signaux de sortie et de réinjection. En résumé, un circuit ne peut osciller que si une partie du signal de sortie est réinjectée en phase à l'entrée d'une boucle dont le gain est supérieur à 1. Avec le circuit qui nous occupe, le signal de sortie et celui qui est réinjecté doivent être rigoureusement en phase pour que l'oscillation intervienne; sur d'autres circuits, il faut au contraire un certain déphasage. Les notions de phase et de déphasage ont été introduits dans ELEX n°11 du mois de mai 1989. Rappelons brièvement que l'on dit de deux signaux qu'ils sont en phase lorsqu'ils passent par zéro au même

instant et dans le même sens.

Cette condition est réunie sur le circuit en pont, du moins à la fréquence de résonance : la tension de sortie sur l'émetteur de T3 est en phase avec le signal de base de T1. Pour ce qui est du gain supérieur à l'unité, la condition est remplie aussi : à la fréquence de résonance du pont, la tension d'entrée est certes trois fois plus faible que la tension de sortie, mais ces pertes sont compensées par l'amplificateur. Le gain en boucle est réglable à l'aide de P2.

Le pont de Wien-Robinson présente l'avantage d'une distorsion faible : le signal sinusoïdal ne comporte qu'une faible part d'harmoniques. Un tel circuit pourra donc servir aussi à tester des circuits d'amplificateurs haute-fidélité. Les valeurs sont encourageantes : à 1 kHz, la distorsion est de 2‰, c'est-à-dire 0,2%.

Quand il est bien dimensionné, il suffit d'une pichenette au pont de Wien-Robinson pour qu'il se mette à osciller. Cette pichenette nous la lui donnons en le mettant sous tension. Une fois lancé, il entretient lui-même son oscillation.

Le commutateur S1a+b (les circuits a et b sont commandés par le même axe) permet de choisir parmi 5 gammes de fréquences dans lesquelles la fréquence d'oscillation exacte est déterminée à l'aide de P1a+b.

L'amplificateur de tensions alternatives

L'amplificateur pour tension alternative T1,T2 et T3 a, outre sa résistance d'émetteur La1, une autre particularité : le transistor T2 est muni d'une boucle de contre-réaction en courant sous la forme de C16 et R6. Le fait de monter ces deux composants en parallèle réduit pour les fréquences élevées la résistance que représente R6. Le gain de cet étage augmente. L'effet du réseau C13 et R7 est le même pour les fréquences plus basses.

L'autre particularité concerne la sortie du pont (point commun entre La1 et P2) où l'on ne peut pas relever directement la tension de sortie par rapport à la masse. Il faut en effet que la tension utile (celle que l'on applique à la charge en aval de l'oscillateur) soit différente (découplée) de la tension de la boucle de réaction. C'est pourquoi nous relèverons le signal de sortie sur le collecteur de T3, ou plus précisément sur le curseur de P3. C'est sur le diviseur de tension R9,R10 et R11 que la tension de sortie est mise à la disposition des circuits dans lesquelles on veut l'injecter.

Cela donne trois plages dans lesquelles l'amplitude est réglable, grâce à P3, de zéro à l'amplitude maximale, soit 25 mV, 400 mV et 2,5 V (efficaces).

Le gros condensateur C15 supprime la composante continue du signal de sortie (voir à ce sujet la rubrique analogique anti-choc de ce mois-ci.

De luxe

La version de luxe du générateur apparaît sur la **figure 3** avec son étage de puissance en sortie. Vous disposez ainsi d'un circuit protégé contre les courts-circuits, même durables ; son impédance de sortie est assez faible pour que l'on puisse y connecter plusieurs circuits en même temps. Cet étage de puissance se présente sous la forme d'un émetteur-suiveur. La puissance maximale quand la résistance de charge est égale à R15 + P3, est de 1,25 W (compte tenu de l'alimentation telle qu'elle est donnée ici.
L'amplificateur fonctionne en classe A ; cela signifie que le courant qui traverse le transistor ne devient jamais nul. Il subsiste toujours un courant de repos d'une intensité considérable. La puissance globale est constante, indépendamment de l'amplitude du signal d'entrée. Il faut donc bien refroidir le transistor T4 qui a à dissiper jusqu'à une dizaine de watts !

LISTE DES COMPOSANTS

version « simple »
(fig. 1 et 4)

R1,R2,R5,R7 = 1 kΩ
R3 = 12 kΩ
R4 = 5,6 kΩ
R6 = 330 Ω
R8 = 390 Ω
R9 = 1,8 kΩ
R10 = 100 Ω
R11 = 180 Ω
P1 = pot. stéréo 10 kΩ lin.
P2 = 100 Ω var.
P3 = 250 Ω lin.
C1,C6 = 1,5 µF plastique
C2,C7 = 150 nF
C3,C8 = 15 nC
C4,C9 = 1,5 nF
C5,C10 = 100 pF
C11,C12 = 60 pF var.
C13 à C15 = 2200 µF/25 V
C16 = 1 nF
C17 = 470 pF
T1,T2 = BC550C
T3 = BC141
La1 = ampoule 6 V/0,3 W (50 mA)
S1 = commutateur rotatif 2 circuits, 5 positions
platine d'expérimentation de format 2

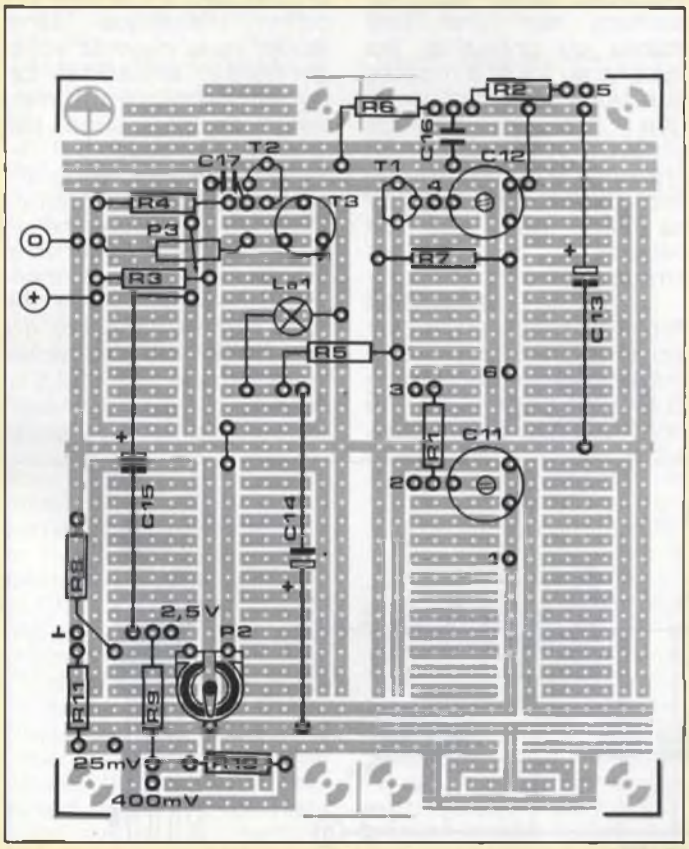


Figure 4 - Plan d'implantation des composants de la version simple sur une platine de format 2. Plusieurs composants ne sont pas montés à même la platine, ce qui implique un câblage d'assez forte densité.

La réalisation

La version simple du générateur sinusoïdal tient sur une platine de format 2 (demi-format européen) ; pour la version avec amplificateur, il faut une platine de grand format. Les figures 4 et 5 vous permettront d'étudier la question avant de vous mettre au travail. Si l'un de nos lecteurs ou l'une de nos lectrices avait la bonne idée de se lancer dans l'étude d'un circuit imprimé à partir des plans d'implantation, nous serions heureux d'en faire profiter les autres lecteurs dans l'un des prochains numéros d'ELEX (dans lesquels vous trouverez de toute façon régulièrement, à la demande générale, au moins un montage avec dessin de circuit imprimé que nous aurons étudié pour vous).
Les cotes de la **figure 6** donnent les dimensions idéales du condensateur variable C11 et C12 pour une implantation aisée sur la platine au pas de perçage universel.

Il est nécessaire de monter le transistor de puissance T4 sur un radiateur, nous avons vu pourquoi. Les trois bornes seront reliées

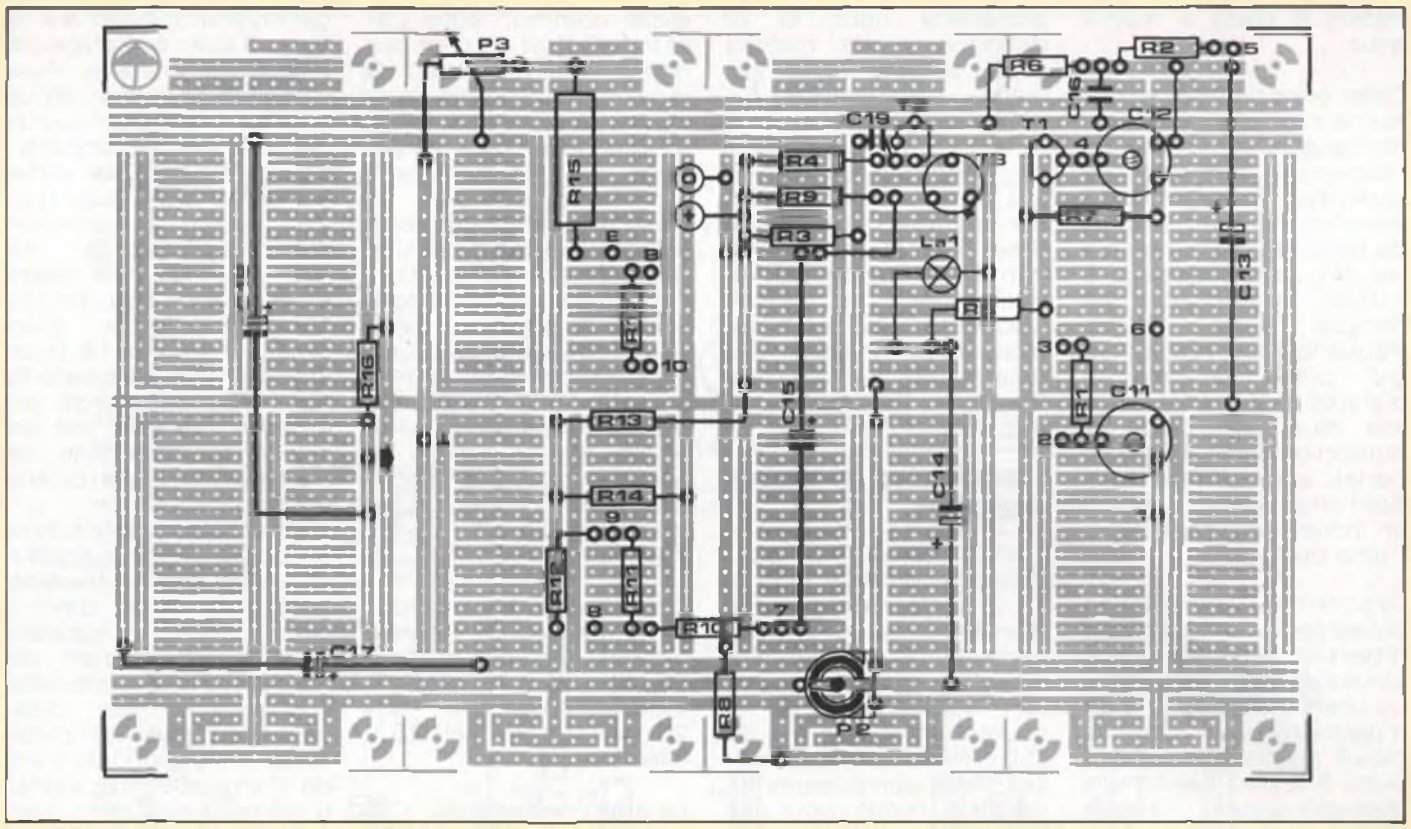


Figure 5 - Plan d'implantation des composants de la version de luxe sur une platine de grand format.

LISTE DES COMPOSANTS

version « de luxe »
(fig. 3 et 5)

R1,R2,R5,R7 = 1 kΩ
R3 = 12 kΩ
R4 = 5,6 kΩ
R6 = 330 Ω
R8 = 390 Ω
R9 = 270 Ω
R10 = 1,8 kΩ
R11,R12 = 100 Ω
R13 = 1,2 kΩ
R14 = 680 Ω
R15 = 10 Ω/2 W
R16 = 10 kΩ
R17 = 220 Ω
P1 = pot. stéréo 10 kΩ lin.
P2 = 100 Ω var.
P3 = 100 Ω lin.
C1,C6 = 1,5 µF plastique
C2,C7 = 150 nF
C3,C8 = 15 nF
C4,C9 = 1,5 nF
C5,C10 = 100 pF
C11,C12 = 60 pF var.
C13 à C15, C17, C18 = 2200 µF/25 V
C16 = 1 nF
C19 = 470 pF
T1,T2 = BC550C
T3 = BC141
T4 = 2N3055
La1 = ampoule 6 V/0,3 W (50 mA)
S1 = commutateur rotatif 2 circuits, 5 positions
S2 = commutateur 1 circuit, 3 positions
radiateur pour T4
platine d'expérimentation de format 3

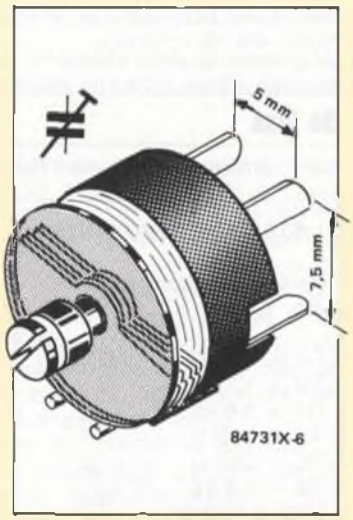


Figure 6 - Cotes du modèle de condensateur variable pouvant être implanté dans les platines d'expérimentation.

aux points qui portent les mentions B, C et E sur le plan d'implantation. Un nombre assez important de composants sont câblés en dehors de la platine (P1, S1, S2, P3 et T4). Procédez avec soin en cochant sur une liste établie au préalable, les liaisons au fur et à mesure que vous les effectuerez. Une fois le câblage achevé, vous serez en présence d'un embrouillamini de fils dans lequel il ne sera pas aisé de détecter d'éventuelles erreurs.

Pour l'alimentation, on fait appel à un circuit désormais classique décrit dans ELEX n°12, page 18 sous le nom d'alimentation standard. Vous trouverez dans cet article un plan d'implantation convenable. Le régulateur 7824 pourra être monté avec le transistor de puissance sur un radiateur, ou plus simplement à l'arrière du coffret métallique dans lequel vous caserez votre générateur sinusoïdal. Le boîtier métallique du transistor de puissance est relié à son collecteur (= 24 V). Il faut donc impérativement l'isoler électriquement de la masse métallique sur laquelle il sera monté en contact thermique. Veuillez lire à ce sujet l'article consacré au refroidissement des radiateurs dans le n°9 d'ELEX, page 18. La partie métallique du boîtier du régula-

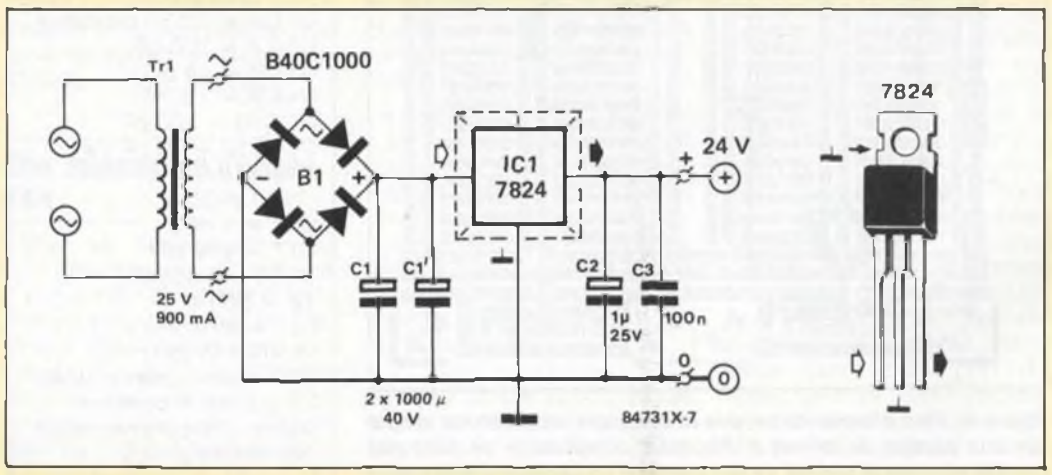


Figure 7 - Alimentation standard à régulateur intégré 7824

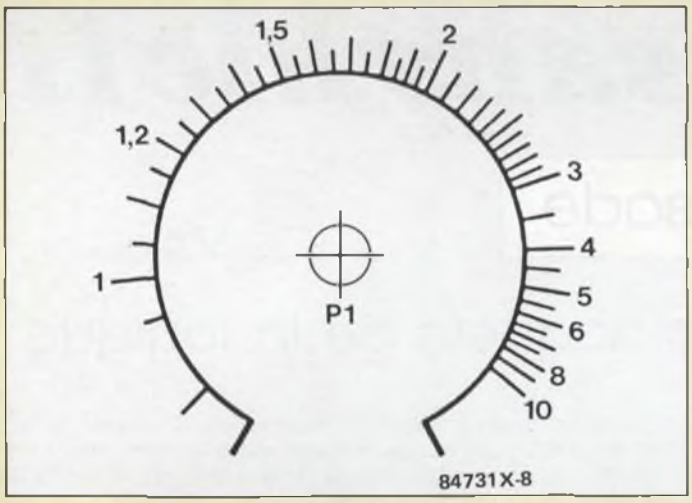


Figure 8 - Échelle graduée pour P1. N'oubliez pas de multiplier la valeur affichée par P1 par le facteur d'échelle choisi avec S1 ! Les condensateurs C11 et C12 permettent de calibrer le générateur de telle sorte que la fréquence produite correspondante rigoureusement avec la valeur affichée.

teur est reliée à la masse (= 0 V), il n'est donc pas nécessaire de l'isoler du coffret. Les dimensions d'un coffret convenable sont d'environ 7 cm pour la hauteur, 20 cm pour la largeur et 16 cm de profondeur.

La **figure 8** donne une échelle que vous pourrez découper et coller sous la bouton de P1. Ce n'est pas le *nec plus ultra* de la précision, mais c'est amplement suffisant pour les applications courantes. Il faut bien entendu tenir compte du facteur d'échelle déterminé par la position du commutateur S1.

Celui-ci est un commutateur rotatif à 2 circuits et 6 positions dont le dernier cran sera bloqué à l'aide de la rondelle à ergot prévue pour cela. Nous vous proposons également un modèle de façade pour votre générateur.

Réglage

Pour régler le générateur, reliez un multimètre en sortie (calibre alternatif) ou le millivoltmètre audio décrit le mois dernier dans ELEX. A l'aide de P1 et S1, réglez la fréquence sur environ 1000 Hz (P1 sur "1" et S1 sur "10^3"). Mettez P3 en position d'amplitude maximale (S2 aussi si vous travaillez sur une version de luxe). A présent il faut régler P2 de telle sorte que la tension relevée soit de 2,5 V_{eff} sur la version simple et de 2 V_{eff} sur la version de luxe.

Si vous disposez d'un fréquencemètre ou d'une référence acoustique et d'une bonne oreille, vous pourrez vous donner la peine de calibrer votre générateur à l'aide de C11 et C12. Et si vous avez un oscilloscope à brancher en sortie du générateur pour suivre les opérations, cela ne gâchera rien.

Lorsque l'on utilise le générateur avec des charges de moins d'un kΩ de résistance d'entrée, il faut limiter l'amplitude de sortie à 1 V_{eff}.

Dans la version de luxe, S2 est un commutateur de sélection du niveau de sortie qui vient dédoubler le potentiomètre de réglage de l'amplitude (P3).

Applications

Il n'est pas inintéressant de donner ici quelques exemples d'applications pratiques d'un générateur sinusoïdal comme celui que nous venons de décrire. La **figure 9** montre quatre configurations différentes dans lesquelles le générateur sert de source de signal. Nous avons déjà évoqué dans ELEX la mesure de puissance au multimètre (configuration **a**) ; on peut aussi faire des mesures de bande passante, avec de préférence le millivoltmètre audio décrit dans ELEX plutôt qu'un multimètre ordinaire, associé au générateur sinusoïdal (configuration **b**). Il suffit pour cela d'injecter, à amplitude égale, diverses fréquences échelonnées entre 20 et 20000 Hz à l'appareil dont on désire évaluer la bande passante et la courbe de réponse, puis de relever l'amplitude du signal tel qu'il ressort de l'appareil. En reportant les valeurs côte à côte sur une diagramme, on obtiendra une image fidèle de la courbe de réponse.

Les bobines et les condensateurs sont des composants qui se prêtent aussi à des mesures intéressantes avec un millivoltmètre audio associé à un générateur sinusoïdal, comme le montrent les configurations des figures 9c et 9d.

Admettons que C_K (le condensateur de couplage) soit de 30 pF et C_N de 100 nF. Quelle valeur donner à L_x pour obtenir une fréquence de résonance de 6 kHz ? La fréquence de résonance sera atteinte quand la déviation de l'aiguille du voltmètre sera maximale.

La formule de calcul de la valeur de la bobine est :

$$L_x = 1/(4 \cdot \pi^2 \cdot f^2_{rés} \cdot C_N) = 7 \text{ mH}$$

Pour déterminer la valeur d'un condensateur, on se sert de la tension mesurée à ses bornes. La formule pour déterminer C_x est :

$$C_x = \frac{U_0}{U_1} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi f_{rés} \cdot R_s}$$

Un exemple ne ferait pas de mal, n'est-ce pas ? Prenons U_0 = 2 V, f_0 = 1 kHz, R_S = 100 Ω, U_1 = 2 mV. D'où l'on déduit que C_x = 1,6 nF. Vérifiez !

A partir de ces exemples d'applications, on pourra en imaginer d'autres. La pratique nous fournira encore maintes occasions d'utiliser notre nouveau générateur en association avec d'autres montages que nous présenterons dans ELEX. Nous vous souhaitons beaucoup de plaisir et de découvertes passionnantes avec votre générateur sinusoïdal.

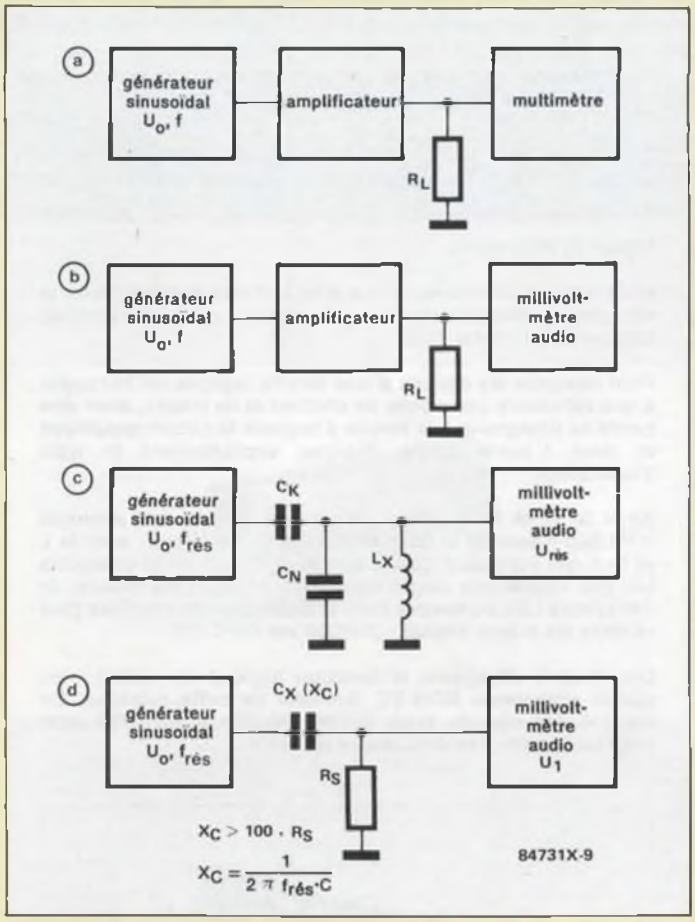


Figure 9 - Quatre dispositifs de mesure dans lesquels le générateur sinusoïdal est l'indispensable source de signal. En 9a, on mesure la puissance d'un amplificateur audio et en 9b on relève sa courbe de réponse. Les deux autres configurations permettent l'une de mesurer une inductance par la méthode de la (fréquence de) résonance et l'autre de déterminer la valeur à donner à un condensateur. Note : La résistance capacitive X_C doit être au moins 100 fois plus forte que R_S !

la logique séquentielle sans hic II

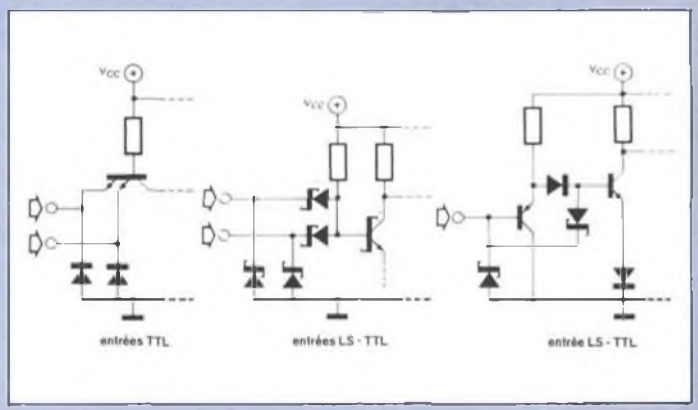
8e épisode

histoires de famille ou les hoquets de la logique

Nous avons, jusqu'ici, combiné sans difficulté des opérateurs logiques logés dans des circuits intégrés différents. Cela nous a paru être une opération normale, puisque les circuits d'une même catégorie comme par exemple le 7400 et les 7476 que nous avons utilisés ensemble, sont compatibles entre eux, du moins tant que l'on respecte certaines règles. Cependant, vous avez sans doute entendu parler des différentes familles logiques : TTL, CMOS, LS, ALS, HC, HCT... Que se cache-t-il derrière ces sigles ? En quoi ces circuits se différencient-ils les uns des autres ? Y en a-t-il de meilleurs et de moins bons ? Sont-ils compatibles ? Autant de questions auxquelles nous allons tenter de répondre.

Les circuits 74LSxx sont appelés à disparaître, comme les circuits de la famille logique 74xx qui sont aujourd'hui complètement dépassés; mais la gloire de leur passé est encore trop proche pour qu'on puisse, sans les mentionner, démarrer une série d'articles sur les circuits logiques, comme la rubrique *la logique sans hic*. Nous avons donc fait jusqu'ici comme si les circuits 74xx et 74LSxx faisaient encore partie du décor quotidien de l'électronicien, alors que les catégories courantes sont désormais 74HCxx et 74HCTxx.

En fait, vus de l'extérieur, tous les circuits intégrés des familles et catégories logiques successives ou contemporaines se ressemblent : ils traitent des 0 et des 1, un point c'est tout. Ce sur quoi nous attirons votre attention ici n'est pas la variété des opérations logiques et des fonctions plus ou moins complexes (NON-ET, NON-OU..., bascules, registres à décalage, compteurs etc), mais la variété des familles et catégories de circuits. Sans entrer dans le détail de leur constitution, nous évoquerons brièvement leurs caractéristiques les plus remarquables et les problèmes de compatibilité qui en découlent.



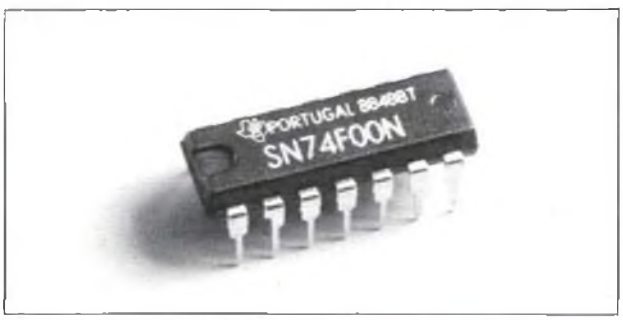
Sigles et références

Malgré les apparences, il y a une certaine logique dans la désignation des circuits intégrés, surtout ceux des familles logiques. Ça tombe bien...

Pour désigner les circuits d'une famille logique, on fait appel à une référence composée de chiffres et de lettres, dont une partie ne désigne que la famille à laquelle le circuit appartient et dont l'autre partie désigne explicitement le type d'opérateur.

Ainsi le 7 et le 4 d'une référence comme par exemple « 74LS00 » sont-ils le nom de famille de ce circuit, avec le L et le S qui indiquent qu'il s'agit d'un circuit de la catégorie LS, par opposition notamment à un circuit plus ancien, le 7400 (sans LS), ou encore pour le distinguer de modèles plus récents du même circuit : 74HC00 ou 74HCT00.

Les deux 0 désignent la fonction logique du circuit : les quatre opérateurs NON-ET, familiers de cette rubrique. En résumé, les circuits 7400, 74F00, 74LS00 et 74HCT00 sont tous les quatre des opérateurs NON-ET.



Ce qui les distingue, c'est le courant consommé par le circuit intégré et la vitesse à laquelle les sorties réagissent aux signaux appliqués sur les entrées.

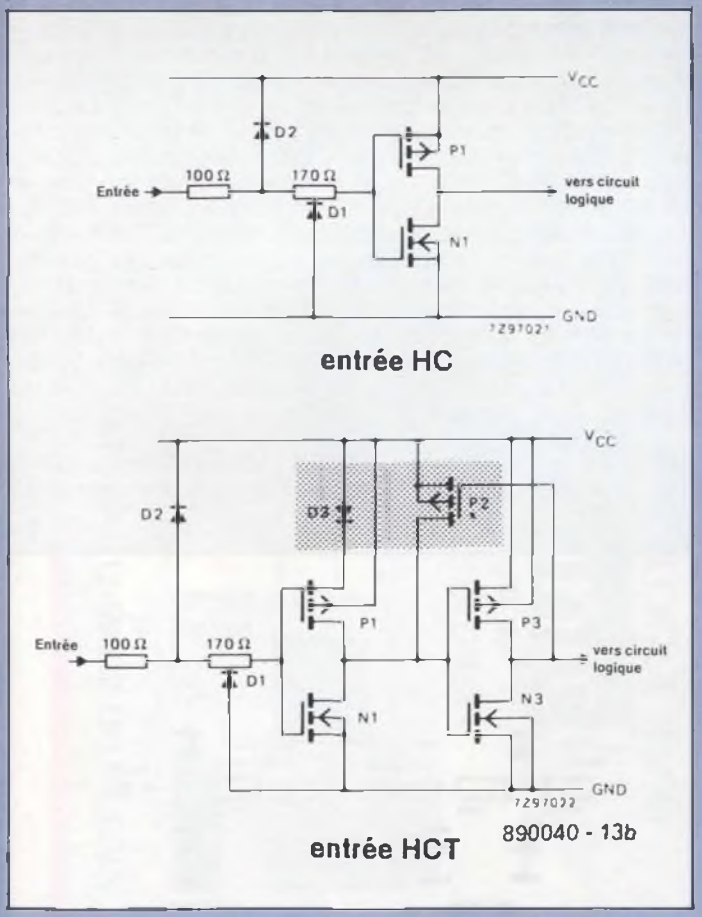
Quand on désigne les familles ou les catégories (et non un type d'opérateur particulier), on remplace par deux x les chiffres qui désignent normalement le type d'opérateur. Les circuits intégrés 7400, 74LS00 et 74HCT00 sont donc tous trois des circuits logiques (opérateurs NON-ET), mais de catégories différentes : le premier appartient à la catégorie 74xx, le second à la catégorie 74LSxx et le dernier à la catégorie 74HCTxx). Il en va de même pour les circuits 74138, 74LS138 et 74HCT138. Il s'agit cette fois de décodeurs binaires, tous de la famille 74xx, mais de différentes catégories.

Les références des circuits logiques CMOS de la famille 4xxxx commencent toutes par ce 4 ; les chiffres qui suivent désignent la fonction logique, mais ces deux ou trois chiffres ne sont en aucun cas les mêmes que ceux qui désignent la fonction équivalente dans la famille 74xx. Ainsi le 7401 est un opérateur NON-ET alors que le 4001 est un opérateur NON-OU. On notera aussi que les brochages de circuits équivalents ne sont pas compatibles : le 7401 et le 4011 sont l'un et l'autre un quadruple opérateur NON-ET, mais ils ne sont pas compatibles broche à broche.
Les mentions UB ou B que l'on trouve accolées à la référence de certains circuits intégrés CMOS correspondent aux mots anglais *unbuffered* et *buffered*.

Il est intéressant de noter accessoirement que le boîtier d'un circuit intégré porte souvent la date de sa fabrication, composée de deux chiffres pour l'année et de deux chiffres pour le numéro de la semaine. Par exemple « 8840 » indique la semaine n°40 de l'année 88.

Les photographies de divers circuits intégrés montrent que souvent la référence des circuits intégrés logiques comporte aussi des indications propres au fabricant.

Voici par exemple les différents circuits d'entrée courants :



De ce coup d'oeil jeté dans les coulisses des entrées et des sorties des circuits intégrés logiques, nous retiendrons surtout que les unes comportent des transistors bipolaires et les autres des transistors à effet de champ. D'un côté les catégories TTL et apparentées, et de l'autre les catégories CMOS (prononcez *cémosse*).

Préliminaires

Les deux critères principaux pour le choix et l'évolution des circuits intégrés logiques sont, il faut absolument le retenir, **leur vitesse de commutation et leur consommation**. Ces deux paramètres ne sont d'ailleurs pas indépendants l'un de l'autre, bien au contraire. A priori, plus un circuit est rapide, plus il est gourmand. C'est comme pour un seau d'eau qu'il faut remplir sous un robinet : plus le débit est rapide, moins il faudra de temps pour remplir le seau.

On ne peut pas faire n'importe quoi avec des circuits logiques, même s'ils appartiennent à une seule et même famille. S'il est permis de relier entre elles plusieurs entrées pour les commander à partir d'une sortie commune ou pour les forcer au niveau haut, il est par exemple interdit d'interconnecter des sorties, sauf dans les cas assez exceptionnels où d'une part les opérateurs concernés ont une fonction rigoureusement identique (deux inverseurs par exemple) et où il est nécessaire d'autre part de renforcer la puissance de sortie d'un opérateur en l'associant à un ou plusieurs homologues (jetez un coup d'oeil sur le schéma de *la boîte à musique* de ce numéro, par exemple).

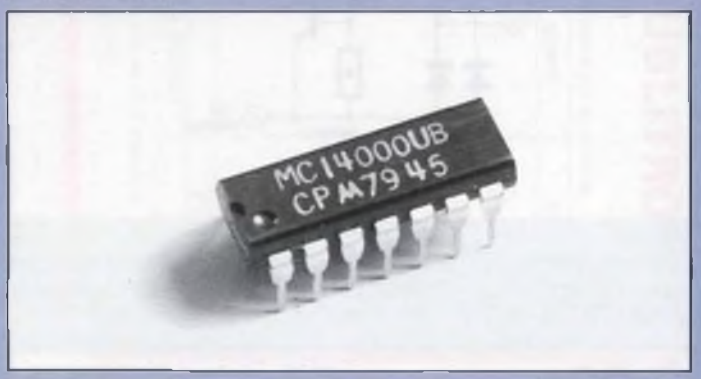
Une sortie n'est capable d'attaquer qu'un nombre fini d'entrées, indiqué par le fabricant comme paramètre de *sortance* ou « *fan out* ».

Un rappel historique

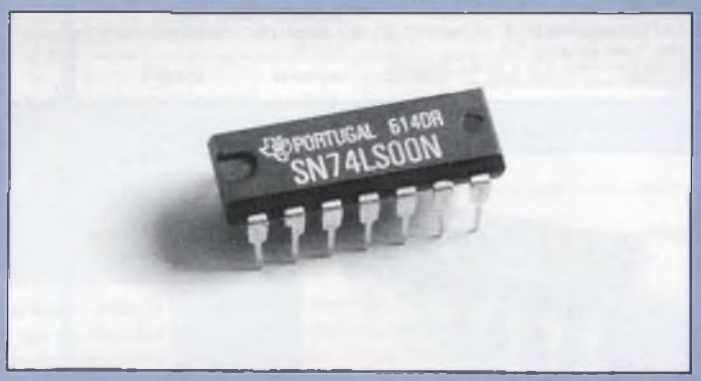
Les bons vieux ancêtres de la famille 74xx étaient construits à l'aide de transistors bipolaires (comparables à nos transistors NPN et PNP familiers), tantôt bloqués, tantôt saturés.

Les entrées et les sorties ne se comportaient pas de la même manière, le courant consommé était élevé (beaucoup de transistors conducteurs, même au repos) et la tension d'alimentation était immuablement de 5 V.

Une autre famille logique est venue concurrencer la famille TTL, avec une consommation fortement réduite (environ 20 fois) grâce notamment à l'emploi de transistors à effet de champ, une plage de tension étendue (de 3 V à 18 V) ; c'étaient les circuits logiques CMOS, malheureusement beaucoup plus lents que les circuits TTL. Le temps que met le signal entre l'entrée et la sortie d'un opérateur NON-ET (NAND) en CMOS est d'au moins 60 ns; sur un opérateur du même type en TTL, 10 ns suffisaient. Une nanoseconde, rappelons-le, est un . . . billionième de seconde, c'est-à-dire un millionième de millionième.
Les circuits CMOS sont dotés de tampons qui assurent un découplage électrique d'une part entre les entrées le cas échéant, et d'autre part entre entrée(s) et sortie(s), de telle sorte que seuls les niveaux logiques jouent un rôle et non les niveaux de tension réels. Ceci est indiqué par les lettres B (= *buffered*) ou a contrario par UB (= *unbuffered*).



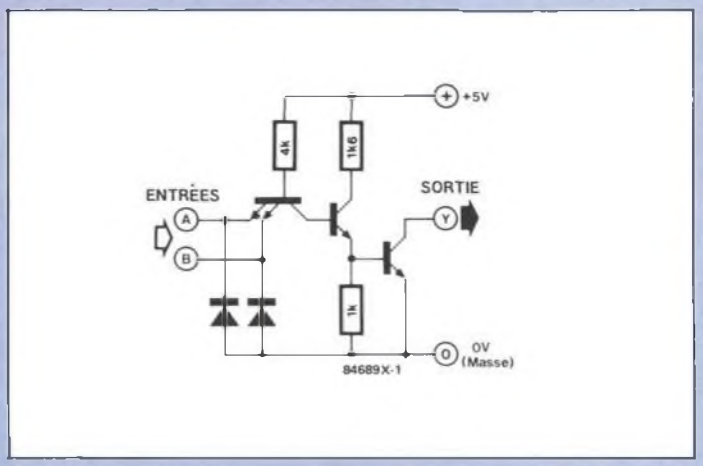
Tout le monde connaît l'effet stimulant du souffle chaud des concurrents dans la nuque d'un ingénieur : la riposte, sous la forme d'une nouvelle famille à faible consommation ne s'est pas fait attendre. La famille TTL-LS fait encore appel à des transistors bipolaires, mais on s'est donné beaucoup de mal pour réduire le degré de saturation des transistors : les circuits TTL-LS n'étaient pas moins rapides que les circuits TTL, mais leur consommation de courant était fortement réduite.



On n'allait évidemment pas s'arrêter sur cette lancée. Alors même que les familles TTL, TTL-LS et TTL-ALS avaient imposé leurs performances comme standard, les circuits CMOS refaisaient leur apparition, avec l'estampille 74xx assortie du sigle HC, pour high speed CMOS ou encore du sigle HCT, et même du sigle HCU. Ces familles de circuits intégrés logiques sont non seulement aussi rapides que les circuits TTL-LS, mais ne consomment pas plus que les circuits CMOS 4000.
On y trouve non seulement l'essentiel des fonctions logiques classiques qui ont fait le succès universel de la famille 74xx, mais aussi les représentants les plus efficaces de la famille 4000, avec leurs fonctions spécifiques qui n'existaient pas dans les catégories de la famille 74xx.

Les sorties à collecteur ouvert

Pour élargir l'horizon de leurs circuits logiques, limité par ailleurs par leur faible plage de tension d'alimentation (5 V ±0,25 V), les fabricants de circuits TTL et LS avaient proposé certains circuits avec en sortie un transistor à collecteur ouvert. Ce *bras long*, cet espèce de mandibule pouvait être relié sans danger pour le circuit intégré à des tensions beaucoup plus fortes que celles que le circuit supporte normalement (jusqu'à 30 V pour le 7406 et le 7407, et jusqu'à 15 V pour la plupart des autres). Sur un tel circuit, le transistor de sortie ne commute donc pas entre 0 et 5 V, mais court-circuite la sortie (Y) à la masse quand le niveau de sortie est 1, et bloque le transistor (sortie Y flottante) quand le niveau de sortie est 0.



Les circuits LS-TTL avec sortie à collecteur ouvert n'ont pas trouvé de successeur, et pour cause, dans les catégories HC et HCT.

TTL - série 74
Transistor Transistor Logic
Logique bipolaire TTL ordinaire

H-TTL - série 74H
High Speed TTL
Logique bipolaire TTL rapide

L-TTL - série 74L
Low Power TTL
Logique bipolaire TTL à faible consommation

S-TTL - série 74S
Schottky TTL
Logique bipolaire TTL à diodes Schottky, rapide à consommation réduite

LS-TTL - série 74LS
Low Power Schottky TTL
Logique bipolaire TTL à diodes Schottky, rapide à faible consommation

ALS-TTL - série 74ALS
Advanced LS-TTL
Logique bipolaire TTL, vitesse accrue et consommation réduite

CMOS - série 4000
Complementary Metal Oxide Semiconductor
Logique CMOS à très faible consommation et vitesse relativement basse

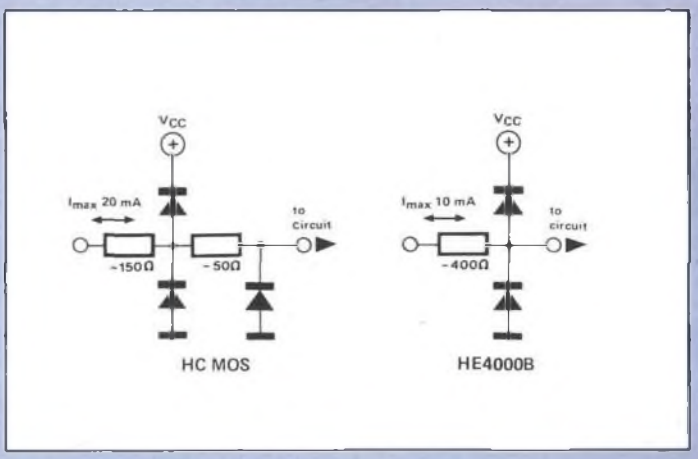
HC-MOS - série 74HC
High Speed CMOS
Vitesse comparable à celle de la catégorie LS, consommation comparable à celle de la famille CMOS

HCT-MOS - série 74HCT
Catégorie HC compatible avec la catégorie LS-TTL

Fragilité des circuits CMOS

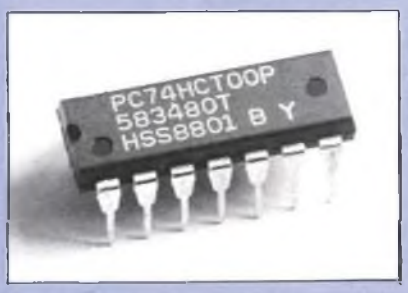
Les circuits intégrés CMOS sont fragiles : leurs entrées ne supportent pas les potentiels d'électricité statique souvent énormes auxquels elles sont portées lorsque les broches du circuit entrent en contact par exemple avec la peau du manipulateur. Le corps humain et les vêtements qu'il porte font l'effet dans ce cas d'un gros condensateur qui se décharge brutalement dans le circuit intégré. Il importe donc de prendre des précautions de manipulation. La plus efficace est de s'arranger pour que les broches soient court-circuitées en permanence tant que le circuit n'est pas implanté. C'est ce que l'on obtient en enfonçant toutes les broches des circuits intégrés dans de la mousse conductrice ou dans un morceau de papier d'aluminium. De cette façon, aucune différence de potentiel ne peut apparaître entre les broches. On notera que c'est au moment précis où l'on implante le circuit intégré que celui-ci court le plus de risques.

Les entrées des circuits intégrés CMOS modernes sont bien protégées par un dispositif à diodes et résistances intégrées.



Panachage

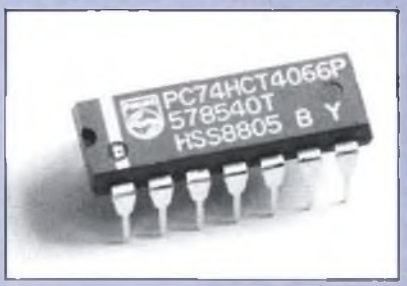
En règle générale, on s'efforce de ne pas panacher les familles et les catégories logiques, puisque les circuits qui ont fait la preuve de leur efficacité dans les catégories anciennes sont disponibles en HC ou HCT. Quand il est impossible de faire autrement, il faut bien étudier la question afin de s'assurer que les niveaux logiques soient les mêmes de part et d'autre, et que les courants de sortie et d'entrée des circuits mis en présence soient compatibles aussi. Voici, pour conclure provisoirement, un tableau récapitulatif :



Tableau

	TTL			CMOS		
	7400	74LS	74ALS	4000	74HC	74HCT
tension d'alimentation	5 V	5 V	5 V	3 à 18 V	2 à 6 V	5 V
dissipation par porte	10 mW	2 mW	1 mW	2,5 mW	2,5 mW	2,5 mW
temps de propagation	10 ns	9,5 ns	4 ns	40 ns	9 ns	9ns

	TTL	LS-TTL	ALS-TTL	CMOS	HCT-MOS	HC-MOS	
V_{cc}	5 V ±5%	5 V ±5%	5 V ±5%	3 à 18 V 5 V	5 V ±10%	2 à 6 V 5 V ±10%	3 V
U_{e1} (min)	2,0 V	2,0 V	2,0 V	3,5 V	2,0 V	3,15 V	2,1 V
U_{e0} (min)	0,8 V	0,8 V	0,8 V	1,5 V	0,8 V	1,1 V	0,6 V
U_{s1} (min)	2,4 V	2,7 V	2,7 V	4,5 V	3,7 V	3,7 V	2,2 V
U_{s0} (min)	0,5 V	0,5 V	0,4 V	0,4 V	0,4 V	0,4 V	0,4 V



Légende :
U_{e1} : tension d'entrée au niveau logique haut (''1'')
U_{e0} : tension d'entrée au niveau logique bas (''0'')

PUBLICITE

BON DE COMMANDE — PUBLITRONIC

Livres et circuits imprimés

Veuillez consulter la liste des titres disponibles ELEX dans les publicités en pages intérieures de la revue.

Livres	prix	quant.	total
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
platines expérimentales ELEX			
1 - 40 × 100 mm	23 F	. . . . .	. . . . .
2 - 80 × 100 mm	38 F	. . . . .	. . . . .
3 - 160 × 100 mm	60 F	. . . . .	. . . . .
platine DIGILEX	88 F	. . . . .	. . . . .
Autre référence: nous consulter		. . . . .	. . . . .
. . . . .		. . . . .	. . . . .
. . . . .		. . . . .	. . . . .
*Forfait port et emballage:			25 F*
25 F par commande d'un ou plusieurs livres ou de livre(s) + platine(s).		total net à payer:	. . . . .

Pour les commandes de 1 à 5 platines seules, comptez 5 F par pièce, (soit le forfait de 25 F à partir de 5 platines).

Veuillez compléter soigneusement le verso de cette carte

PUBLICITÉ

ABONNEMENT: L'année compte 11 parutions (chaque mois sauf août).

Le paiement de votre abonnement reçu avant le 10, vous permettra d'être servi le même mois.

Les abonnements sont payables à la commande. Pour les administrations et établissements scolaires, veuillez nous adresser un bon de commande administratif.

France (métropolitaine)	étranger (et O.M.)	Suisse *	par avion	Belgique en FB
190 FF	270 FF	85 FS	370 FF	1460 FB

* Pour la Suisse, veuillez adresser à URS-MEYER — CH2052 FONTAINEMELON

ANCIENS NUMÉROS: Les envois d'anciens numéros sont groupés une fois par mois (en milieu de mois).

Tarif: 25 FF pour le premier ou seul exemplaire puis 20 FF pour chacun des numéros suivants. Attention! le numéro 4* est épuisé, vous recevrez un tiré à part - noir et blanc de la partie rédactionelle: 20 F

Indiquez les n°s voulus _____

Si vous souhaitez plus d'un exemplaire par numéro indiquez-le ici _____

* Si vous avez obtenu des photocopies d'articles du n° 4 par l'intermédiaire de notre COPIE-SERVICE, nous vous proposons un exemplaire du tiré à part contre 3,70 F en timbres-poste.
Veuillez nous indiquer la date de votre commande précédente de COPIE-SERVICE ici _____

CASSETTE DE RANGEMENT: 46 F + 25 F forfait port/emballage (surface)

— Complétez au verso — SVP —

COMMANDEZ AUSSI PAR MINITEL
3615 + ELEX

PUBLICITE

JE DÉSIRE RÉSERVER LE CATALOGUE 89/90

Selectronic

POUR LE RECEVOIR DÈS SA PARUTION
CI-JOINT 22,00 F EN TIMBRES POSTE OU EN CHÈQUE

EN LETTRES CAPITALES, S.V.P. N° CLIENT : _____

Nom : _____

Adresse : _____

Code Postal : |_|_|_|_|_| _____

(Pays) : _____

Coupon à retourner à : **SELECTRONIC BP 513 59022 LILLE CEDEX**

PUBLICITE

Selectronic

BP 513 59022 LILLE Tél. : 20.52.98.52

OSCILLOSCOPE CI 94 TORG

COMPLEMENT INDISPENSABLE : pour rendre votre oscillo bicourbe : kit d'extension 2 traces (alimentation 2 x 9 V) le kit complet (sans boîtier) **101.8774 135,00 F**

Un véritable oscilloscope 10 MHz à un tout petit prix !

Caractéristiques techniques :

- 10 MHz/1 voie
- Base de temps déclenchée ou relaxée
- Ampli vertical : 9 calibres 10 mV/div. à 5 V/ div.
- Base de temps : 18 calibres 0,1 us/div. à 50 ms/div.
- Ecran : 40 x 60 mm (8 x 10 divisions)
- Dimensions : 19 x 10 x 30 cm
- Poids : 3,4 kg
- Livré avec 1 sonde 1/1 et 1/10
- Garantie : 1 an

L'oscilloscope CI-94 101.8760 **1350 F**

1350 F FRANCO DE PORT

LIVRÉ AVEC 1 SONDE (1/1 ET 1/10)

POUR BIEN UTILISER VOTRE OSCILLOSCOPE :
2 ouvrages leur sont consacrés :
– PRATIQUE DES OSCILLOSCOPE : 368 pages d'explications, de manipulations et d'applications par REGHINOT et BECKER (Ed. RADIO).
Pratique des oscilloscopes 101.8094 **175,00 F**
– LES OSCILLOSCOPES : structure, fonctionnement et utilisation pratique par R. RATEAU (ETSF)
Les oscilloscopes 101.8080 **160,00 F**
– Pour commander, utilisez notre bon de commande au dos – Conditions générales de vente : voir notre publicité en annexe.