

électronique

n°13

juillet 1989

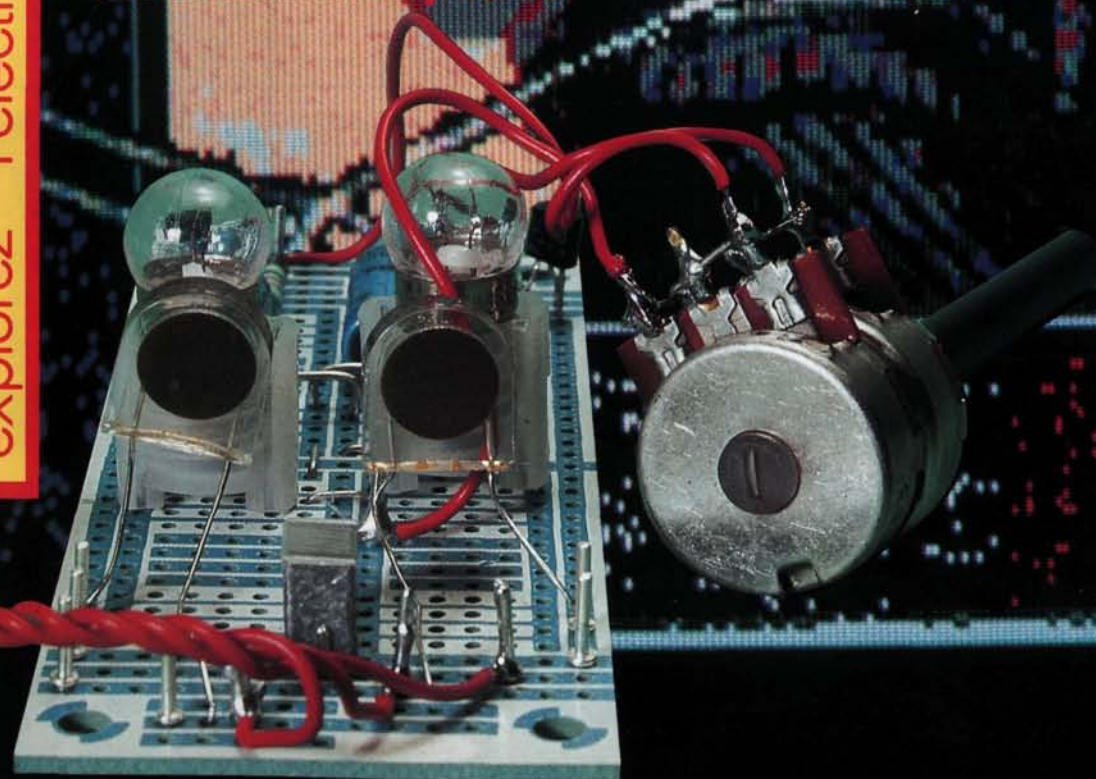
messidor CXCVIII (an 198)

20 FF/146 FB/7,80 FS
mensuel

OPTO- ÉLECTRONIQUE

leslie électronique
barrière lumineuse
les cristaux liquides

explorez l'électronique



M 2510 - 13 - 20,00 F



3792510020001 00130



E · L · E · X
BP 53
59270 BAILLEUL

SOMMAIRE ELEX N°13

R U B R I Q U E

- 6 · elexprime
- 28 · périscope : afficheurs à haut rendement
- 46 · petites annonces
- RÉSISTANSI**
ça gaze pour le résiseur
- 58 · les coulisses : jeu d'orgue

I N I T I A T I O N

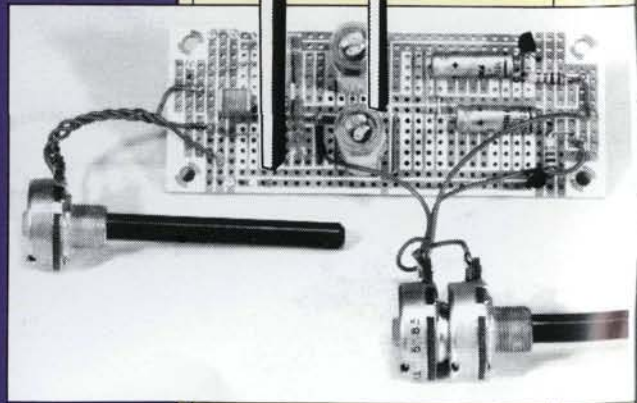
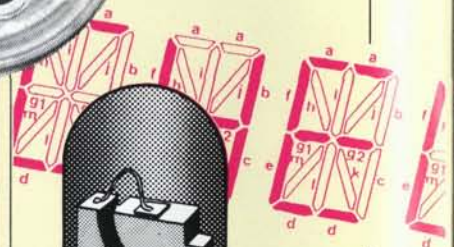
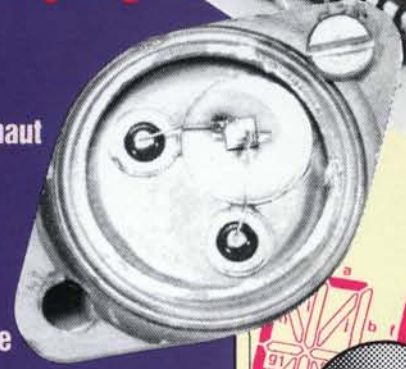
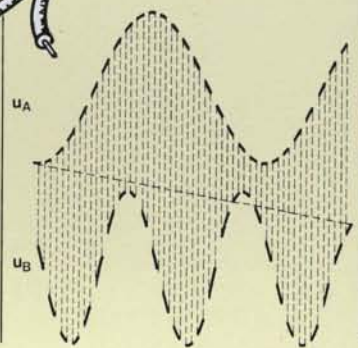
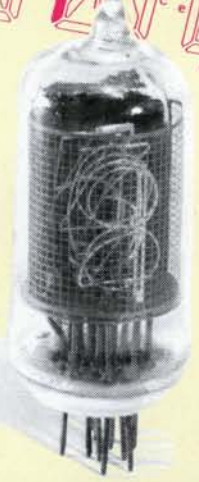
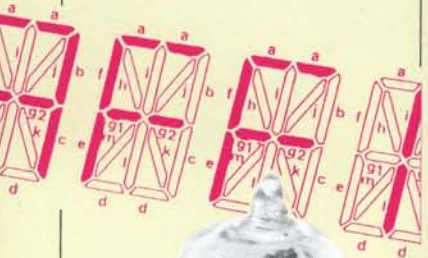
- 40 · analogique anti-choc 8^{me} épisode
- 52 · la logique sans hic II n°6

E L E C T R O N I Q U E E T L U M I E R E

- 8 · photo électronique
- 10 · les afficheurs
- 12 · les cristaux liquides
- 15 · diodes électro-luminescentes

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

- 18 · bricoler une cellule solaire
- 19 · une barrière lumineuse
- 21 · un leslie électronique simple
- 24 · interrupteur électronique isolé
- 26 · réveille-matin de camping
- 29 · téléphone optique
- 32 · loupiotes
- 34 · anti-moustiques
- 36 · alarme anti-vo
- 44 · testeur de fusibles et d'ampoules
- 47 · extension double trace pour oscilloscope simple trace
- 58 · cheval de cirque



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
Sirène de vélo (avec H.P.)	101.8581	70,00 F	①
Testeur de transistors	101.8582	50,50 F	①
Alimentation stabilisée 0 à 15V (avec 2 galvas)	101.8583	345,00 F	②
Balance pour auto-radio	101.8584	51,00 F	①
Commande de platonnier	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	②
Ressac électronique	101.8588	22,00 F	①
Ohmmètre linéaire (avec galva)	101.8589	143,00 F	①
Gyrophare de modèle réduit	101.8590	32,00 F	①
Etage d'entrée pour multimètre	101.8591	32,00 F	①
Chargeur d'accus universel	101.8592	174,00 F	①
Platine d'expérimentation DIGILEX	101.8593	186,00 F	②
ELEX n° 3			
Minuterie électronique (avec H.P.)	101.8594	54,00 F	①
Testeur de polarité	101.8595	22,00 F	①
Arrosage automatique	101.8596	53,00 F	①
Décade de résistance	101.8597	165,00 F	②
Thermomètre	101.8598	126,00 F	①
Décade de condensateurs	101.8599	142,00 F	②
ELEX n° 4			
Compte tours (avec galva)	101.8611	123,50 F	①
Mini amplificateur TDA 2003	101.8612	38,50 F	①
Régulateur de vitesse pour mini-perceuse	101.8613	216,00 F	②
ELEX n° 5			
Amplificateur de poche "CANARI"	101.8610	36,50 F	①
Variateur de vitesse pour caméra	101.8614	65,00 F	①
Alimentation universelle	101.8615	184,00 F	②
Traceur de courbes pour transistors	101.8616	25,00 F	②
Relais temporisé	101.8617	68,00 F	①
Touche à effleurement	101.8618	52,50 F	②
Testeur de diodes Zener	101.8619	59,00 F	①
ELEX n° 6			
Corne de brume pour modélisme	101.8620	32,00 F	①
Photomètre électronique	101.8621	53,00 F	①
Feux de stationnement	101.8622	62,00 F	①
Mini-alarme	101.8623	29,00 F	①
Balisage automatique	101.8624	29,00 F	①
Bruiteur "DIESEL" pour modélisme	101.8625	26,00 F	①
ELEX n° 7			
Indicateur de gel	101.8626	28,00 F	①
Sirène (avec H.P.)	101.8627	75,00 F	①
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	②
Régulation train électrique (avec coffret pupitre ESM)	101.8652	248,00 F	②
Ampli "POUCHE-POULE" (avec H.P.)	101.8654	35,00 F	①
Métronome (avec H.P.)	101.8655	43,00 F	①
ELEX n° 9			
Alim. 12V / 3A (avec radiateur)	101.8656	275,00 F	①
Inter à cliques	101.8657	70,00 F	②
Circuit de pontages pour train (avec alim.)	101.8658	210,00 F	②
ELEX n° 10			
Jeu d'adresse (avec alim.)	101.8659	138,00 F	②
Amplificateur d'antenne FM (avec alim.)	101.8660	152,00 F	②
Mesureur de champ	101.8661	79,00 F	①
Récepteur G.O.	101.8662	66,00 F	①
Adaptateur Fréquence-mètre	101.8663	67,00 F	①
Gong à 3 notes	101.8664	85,00 F	①
ELEX n° 11			
Chenillard (avec 7 ampoules)	101.8744	187,00 F	②
Mémoire de sonnette	101.8745	26,00 F	①
Servo-flash	101.8746	53,00 F	①
Eclairage de modèle réduit	101.8747	119,00 F	①
LOUPIPHONE	101.8748	246,00 F	②
Allumage de phares	101.8749	30,00 F	①
Extinction de phares	101.8754	27,00 F	①
ELEX n° 12			
Roulette électronique	101.8755	59,00 F	①
Rosignol électronique	101.8756	45,00 F	①
Afficheur 7 segments	101.8757	25,00 F	①
Dé électronique	101.8758	33,00 F	②
Minuterie d'escalier	101.8759	95,00 F	①
"Mets ta ceinture"	101.8762	45,00 F	①
Testeur de continuité	101.8763	55,00 F	①

PRIX PAR QUANTITE : NOUS CONSULTER

CIRCUITS IMPRIMES ELEX

REF. SELECTRONIC	PRIX
① Platine n° 1 40 x 100 mm	23,00 F
② Platine n° 2 80 x 100 mm	38,00 F
③ Platine n° 3 160 x 100 mm	60,00 F
④ Platine DIGILEX	88,00 F
⑤ Platine EPS 886087	47,60 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



éditorial

où est passé Billy the Kit* ?

[Constat] Lecteurs d'ELEX, la plupart des revendeurs de composants et les annonceurs habituels d'ELEX ont baissé leur rideau. Ils ne croient pas en votre pouvoir d'achat. Cette idée s'impose à quiconque s'amusera à compter les pages de publicité de ce numéro. Il faut se rendre à l'évidence, c'est l'elexode au pays de l'Ohm Blanc : Billy the Kit est parti chasser sur d'autres terres que les nôtres. Puisqu'il pense que l'été n'est pas fait pour souder, espérons qu'on le retrouvera en pleine forme en Septembre.

Une chose est sûre en attendant : nous les rédacteurs, on l'a fait normalement ce numéro, c'est-à-dire de notre mieux, avec d'autant plus de pages de rédaction qu'il y a de pub en moins. On ne recevra donc pas (comme cela arrive de plus en plus souvent) de lettres de lecteurs mécontents de «l'envahissement du magazine par la pub». C'est déjà ça.



[Commentaire] Dites donc, vous qui lirez ces lignes, vous possédez au moins un fer à souder, non ? Vous ne l'avez pas confectionné vous-même, ni hérité de votre grand-mère, tout de même. Vous utilisez un multimètre, il vous est tombé du ciel peut-être ? Et vos composants, ils ne sont pas tous récupérés sur la vieille TV N&B de la tante Yvonne, ou si ? Dans votre potager, il pousse des circuits intégrés ?

Allons, vous qu'ELEX a su enthousiasmer par milliers, cherchez un peu; il vous reste bien un peu de pouvoir d'achat... quelque part au niveau du comptoir.



Vue arrière d'une jambière formant navoire.

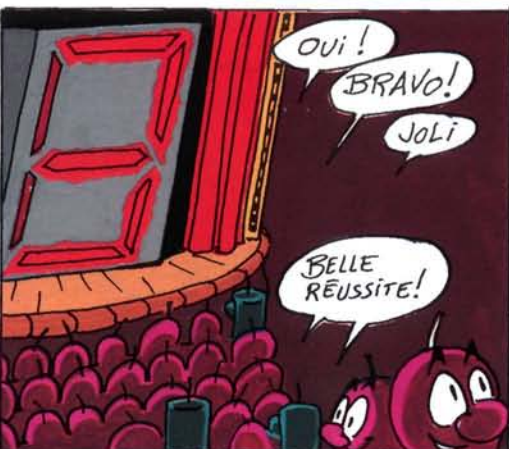
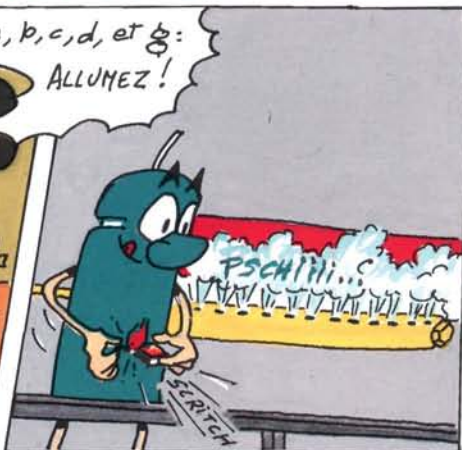
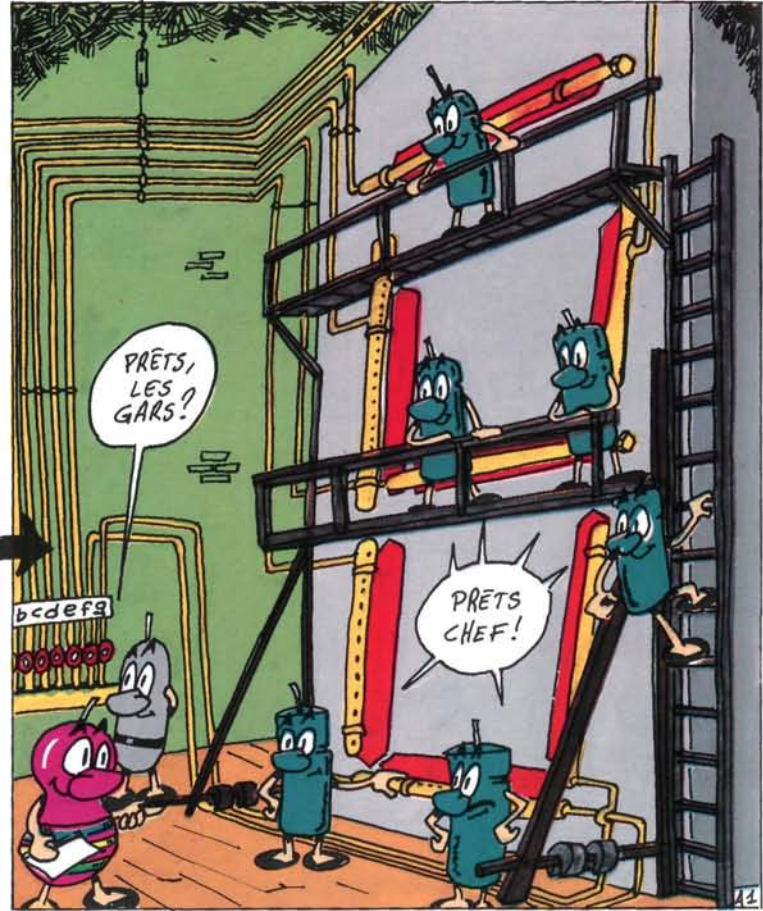
[In cauda venenum] Si vous croyez déceler de l'ironie, une certaine rancoeur ou même de la hargne dans ces propos, rassurez-vous, ils n'en sont pas exempts. Cela n'empêche pas que nous comprenions parfaitement que pour les revendeurs de composants, nos partenaires, il s'agit de promouvoir leurs kits pour arriver au même but que nous : votre plaisir. Salut aux Billy qui nous soutiennent fidèlement.

*petit nom gentilleusement moqueur, donné par la rédaction aux revendeurs de composants

-RG1	103.7640	23,00 F
-RG2	103.7632	28,50 F
-RG3	103.7641	39,00 F
-RG4	103.7642	52,00 F
-RA2	103.2303	103,00 F
-20M	103.2283	16,20 F
-30M	103.2285	27,50 F
-EB 21/08 FA	103.2215	77,40 F
-EB 16/08 FA	103.2211	61,00 F

LES BIDOUILLES DE

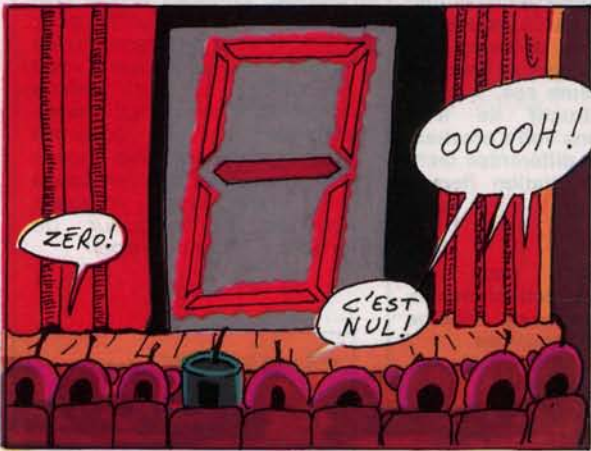
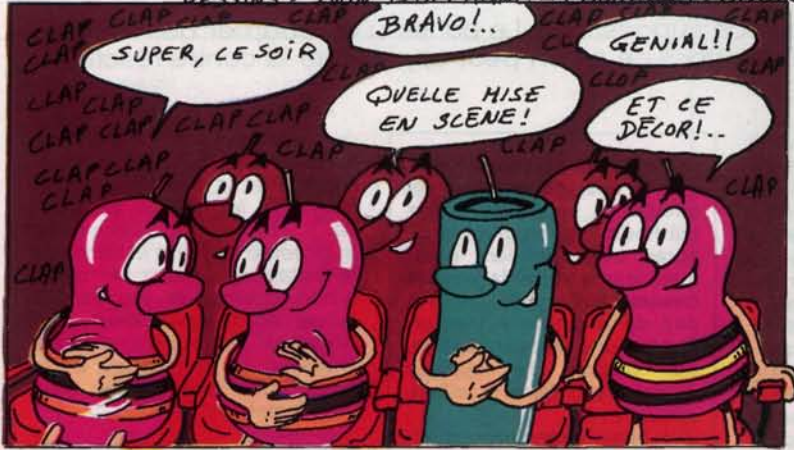
DIS DONC...



RESI & TRANSI



DESSINS: YVAN DROFFAGNE - COULEURS: COOKY F.





Le contenu d'Elex change au fur et à mesure de vos suggestions. Le contenu du courrier des lecteurs change au fur et à mesure du changement d'Elex. Voilà ce qu'on peut appeler de la contre-réaction.

Institut pour le Développement du Radioamateurisme par l'Enseignement (association sans but lucratif régie par la loi du 1^{er} juillet 1901)

L'I.D.R.E. a pour objet de développer entre les milieux de l'enseignement et le radioamateurisme les synergies favorables à l'instruction individuelle, la formation professionnelle et la recherche dans le domaine des radio-communications.

15 avenue François Verdier
81000 ALBI
Tél. 63 54 06 69
Minitel 3614 code AMAT, ou
3615 code REF.

Nous ne pouvons mieux faire que nous associer à cette synergie.

[...] dans la liste des composants, je trouve qu'il serait bon de spécifier le type de condensateurs (milfeuill, plastique, etc.) ce que je n'ai pas vu - ou rarement - [...]

[...] proposer une alim où le transformateur serait remplacé par un condensateur de 400 V, avec diodes zener etc... Ce qui serait moins encombrant et un peu plus économique.

Si je vous fais part de cette deuxième version sans transfo, c'est que récemment j'ai eu de sérieux problèmes avec ce type d'alim. pour faire fonctionner le relais d'un temporisateur. Après avoir essayé plusieurs modifications, le relais frétille toujours pendant 5 à 10 s en fin de temporisation. Alors qu'avec l'alim. avec transfo. le fonctionnement est impeccable. Donc il y a sûrement un "truc", mais n'étant pas électronicien - tout juste électricien - je lance un S.O.S. à elex pour résoudre ce problème, qui du même coup pourrait rendre service aux lecteurs de la revue. [...]

Henri NOEL
94190 Villeneuve St Georges

La tension de service des condensateurs polarisés (chimiques, tantale) est toujours indiquée dans les listes de composants, avec le petit encadré rappelant les règles de sécurité. Pour les autres condensateurs, céramique, plastique (MKT, MKH, styroflex...) la tension standard est de 63 V. Comme cette tension convient à tous nos montages alimentés sous des tensions inférieures à 24 V, nous n'indiquons rien pour les condensateurs non polarisés. Ou plutôt, nous ne manquons pas de donner les indications nécessaires si l'utilisation sous haute tension ou en haute fréquence impose l'emploi d'un type particulier de diélectrique ou d'une tension d'isolement impérativement supérieure aux 63 V standard.

Votre système d'alimentation sans transformateur n'est pas une panacée. Le problème que vous rencontrez est dû vraisemblablement à une capacité insuffisante de votre condensateur, en regard de la consommation de votre relais.

Nous ne voulons pas nous étendre plus ce sujet car le gros inconvénient de ce genre de montage est l'absence totale d'isolement entre le circuit et le secteur.

Vous trouverez dans ce numéro une réalisation (loupiotes) qui exploite ce principe, mais vous constaterez d'une part que toutes les précautions sont prises pour limiter les risques, d'autre part que la puissance mise en jeu est extrêmement faible.



Il ne faut sacrifier la sécurité ni à l'économie ni au gain de place; et vous le savez bien, vous électricien. Lorsque nous parlons de danger de mort au sujet des montages raccordés au secteur, ce n'est pas une façon de parler, c'est parce qu'il y a danger de mort!

Jeune lecteur de votre revue (j'ai 13 ans), je réalise mes circuits imprimés par méthode photographique, après avoir pendant quelques temps utilisé la gravure directe. Mais voilà, je n'ai pas de machine à insoler; j'utilise une ampoule 250 W, qui d'après le vendeur devrais (sic) faire le même effet...

J'ai beau augmenter, diminuer, le temps d'insolation, je n'arrive pas à trouver le bon équilibre. Je pense que d'autres lecteurs se trouvent dans le même cas, il serait donc instructif de faire paraître dans votre prochain numéro les différentes techniques d'insolation (temps d'exposition, quel support?...)

Enfin, bravo pour vos derniers perfectionnements (petites annonces, schéma des circuits imprimés...)

Cédric TOURNIER
76800 St Étienne du Rouvray

Les couches photosensibles utilisées pour les circuits imprimés peuvent avoir des caractéristiques variables selon le fabricant, le type de couche, la durée et les conditions thermiques et hygrométriques du stockage. Outre le fait qu'elles sont toutes bonnes, la principale caractéristique commune à toutes ces couches est leur sensibilité au proche ultraviolet. Comme la lampe halogène ou "flood" que vous utilisez n'est pas censée en émettre, il faut vous attendre à des temps de pose longs. Elle devrait donc faire le "même effet", mais en plus de temps, qu'un tube spécial. Une source plus proche de l'idéal serait une lampe à bronzer. La source étant ce qu'elle est, vous devez obtenir des résultats satisfaisants et surtout reproductibles. Pour déterminer correctement votre temps d'exposition, il faut que vous ayez fixé auparavant tous les paramètres de la manipulation et que le temps soit la seule grandeur variable.

Fixez la nature et la concentration du révélateur (de la soude en paillettes pour usage "plomber" fait merveille avec

de nombreuses marques); fixez la durée du développement; fixez la distance entre la lampe et la surface sensible (le temps nécessaire augmente comme le carré de la distance); utilisez le même typon pour tous vos essais (vous comprenez bien que nous ne pouvons pas vous indiquer un temps de pose sans connaître tous ces éléments).

Reportez vous à l'article "Un deux quatre" du n°11 pour déterminer la progression des temps d'essai que vous exécuterez sur un même échantillon de circuit photosensible, en le couvrant progressivement. Ne soyez pas surpris par des temps de dix, voire vingt minutes. Patience et longueur de temps... Bon courage!

Pour ELEXPRIME, merci

Un petit mot pour accompagner ma commande : un très bien général pour votre revue, que j'achète pour combler mes lacunes, non pas du point de vue technique puisque je suis de la partie professionnellement depuis bientôt 15 ans, mais du point de vue pédagogique car ma compagnie est novice en la matière et mes qualités pédagogiques sont nulles. Comme quoi posséder un savoir et le faire partager sont deux choses bien distinctes!

Merci donc de nous éviter disputes et querelles de ménage, futillement basées sur une polarisation de transistor ou quelque autre bascule.

De plus, même pour un professionnel, il reste des idées à prendre, utiliser la tresse de masse de batterie comme shunt c'est bien vu, par exemple!

Bonne continuation!

PS : à quand une initiation à la micro-informatique? (j'ai le même problème!!!!)

François BERNHARD
67200 Strasbourg

Hopla ! Voilà qui nous fait bien plaisir. Nous ne nous voulons pas pédagogues, mais si nous pouvons vous aider à faire partager notre passion commune, tant mieux ! L'initiation à la micro-informatique est l'affaire de revues spécialisées; certaines le font bien, cherchez. Pour notre part, nous nous en tien-

drons à des explications non pas générales, mais à usage général. Toutes les notions de logique sont utilisables aussi en micro-informatique, toutes les notions sur la puissance et les transistors sont utilisables aussi dans l'alimentation et l'interfaçage des micro-processeurs, automates et autres robots.

Cher elix

Passons sur les compléments, il n'y a rien à redire si ce n'est de laisser dire les puristes et les grincheux en tous genres. Le principal et d'apprendre quelques choses à votre contact.

Pour les lecteurs qui aimeraient faire un peu de robotique je peux modestement leur conseiller de se mettre en rapport avec un "petit" exploitant de jeux [tic-tic, juke-box, (NDLR)](local). Ceux-ci sont toujours débordés et ont une quantité de petits bricolages à faire : 2N3055 à monter sur radiateur, bobine de self à changer, pont de diode... On utilise dans ces appareils 6 à 7 tensions alternatives et continues. Le jeu consiste à retrouver la panne entre alimentation, carte son, carte drivers, selfs, afficheurs, CPU et câblage. De quoi combler vos lecteurs.

A propos d'alim je patauge dans les alim à découpage d'autant plus qu'elles ont parfois une sortie 5 volts négative. Le cauchemar ! A quand le CMOS ?

Bon courage.

Coup de chapeau au rédacteur besogneux.

Alain VERITE
60650 ONS en BRAY

Voilà peut-être de quoi occuper des vacances de façon instructive. Les alimentations à découpage sont un gros morceau. Un morceau de choix, mais un gros morceau. Laissez nous le temps de digérer les inductances, les transistors de commutation, les amplificateurs opérationnels.

Mon coup de savate
Article : votre bon d'abonnement !

L'ai-je bien rempli ?

Mon coup de chapeau

Elix est agréable à lire. un peu d'humour n'a jamais fait de mal.

Mon coup de savate
Article : Régulateur de vitesse

pas concerné par les trains électriques

Tournez la page !

Mon coup de chapeau
Article : analogique anti-choc 3^e épisode

Clair et précis

ANDRÉ
Collège Lofoa

Vous voyez bien !

Mon coup de savate
Article : sans (pour l'instant)

Mon coup de chapeau
Article : une bonne antenne FM + analogique anti-choc toutes "bidouilles" bienvenues, facile à retenir bien expliqué OK

J-P NEAUD

Mon coup de savate
Article : Mini testeur de polarité

Aucun conseil pour la réalisation du circuit. Sur une plaque ? sur du carton ?

Mon coup de chapeau
Article : métronome

circuit très simple

Cédric TOURNIER

Mon coup de savate
Article : Les notes d'humour. C'est une bonne chose en soi, mais il faudrait faire un effort.

Mon coup de chapeau
Article : les montages expérimentaux (microphone, moteur) l'analyse de l'étage B.F.

Il y a, de façon générale dans vos articles, un appel au sens physique qui manque dans des études plus classiques. Vous ne tombez pas non plus dans l'excès et il reste quelques équations. Continuez. Bravo.

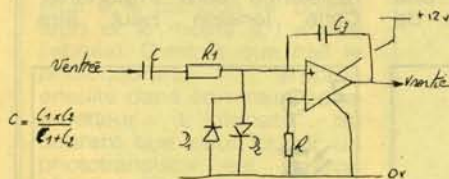
BERNUZZI Michaël
19 rue d'Amsterdam
90 000 BELFORT

En étudiant le schéma de mix en forme des signaux relativement à l'adaptation d'un multimètre en fréquencemètre (Elix n° 10, page 31), j'ai été surpris par vos explications.

1) Comment la fonction de détection de passage à 0 volt du signal d'entrée se fait-elle puisque la tension de référence (bonne inversions de l'AOP) est de 0 volt ?

2) d'aurait-il pas été plus simple de rebrancher C1. Ce en 1 seul condensateur ? De plus la résistance R2 est-elle réellement indispensable ?

3) Le schéma que je vous propose réalise-t-il bien le passage à 0 volt du signal d'entrée ?



Dans l'attente d'une prochaine réponse, je vous encourage à poursuivre pour le plus grand plaisir de vos lecteurs.

Amicalement

P.S. Pourriez-vous présenter un schéma de conversion fréquence/tension ou 1 à 1, qui réalise cette fonction ? Merci

Le schéma que vous proposez peut fonctionner à condition que votre montage soit alimenté par deux tensions symétriques et non entre 0 V et +12 V. Vous comprenez maintenant pourquoi la tension de référence est précisément $U_{alim}/2$: la tension alternative d'entrée doit pouvoir évoluer de part et d'autre de la tension de référence. C'est une astuce pour se dispenser d'alimentation double que ce pont diviseur R3/R4.

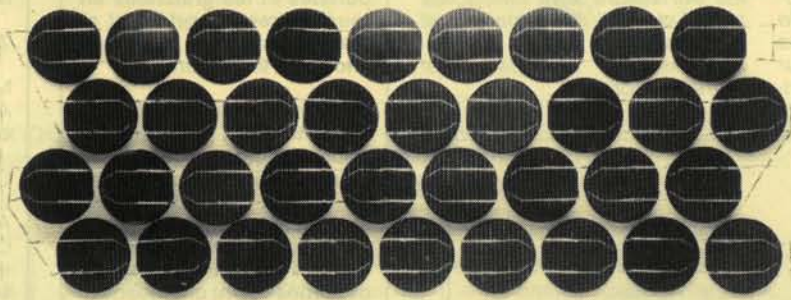
Le passage par zéro ne peut être détecté que si la tension "traverse la frontière". Dans notre montage, la tension d'entrée évolue de part et d'autre du potentiel de la masse, la composante continue est bloquée par C1; la tension de l'entrée non-inverseuse évolue de part et d'autre de la tension de référence, la composante continue $U_{alim}/2$ étant bloquée par C2.

La résistance R2 sert à fixer le potentiel de l'entrée non-inverseuse et elle est indispensable pour écarter vers la "masse artificielle" (le milieu du pont diviseur R3/R4) les courants de charge et de décharge de C2.

Votre post-scriptum : je suppose que c'est un lapsus calami et que vous vouliez dire convertisseur tension fréquence, puisque l'adaptateur dont nous parlons est justement un convertisseur fréquence tension. Il existe bien sûr des circuits intégrés qui réalisent la conversion tension fréquence ou courant fréquence. Notre habitude n'est pas de décrire un circuit intégré sans l'incorporer dans une application pratique. Le mini-synthétiseur du n°8 page 23 est un exemple de conversion tension fréquence; il est d'autant plus intéressant que nous l'avons construit sans circuit intégré spécialisé et que le fonctionnement est parfaitement compréhensible dans le détail. Vous avez ainsi tous les éléments nécessaires à la construction du convertisseur qui convient pour votre application particulière.



photo-électronique



l'électronique et la lumière

Lumière, mot magique !

Le rôle primordial de la lumière ne se dément pas en électronique, surtout dans l'électronique moderne, avec d'une part ses rayons laser et d'autre part ses fibres optiques, pour ne citer que ces deux domaines. La lumière qui produit des courants, et à l'inverse des courants qui produisent de la lumière, tout cela est possible grâce à certains composants les uns sensibles à la lumière, et les autres capables d'en émettre.

Un courant électrique est un déplacement d'électrons sous l'effet d'un champ ou d'une différence de potentiel; l'énergie lumineuse peut être représentée sous la forme d'un flux de grains élémentaires d'énergie, les photons (du grec *phos* = lumière). On parle d'effet photovoltaïque quand l'exposition à la lumière d'un composant y donne naissance à un mouvement d'électrons, c'est-à-dire une différence de potentiel.

Avant d'en arriver là, commençons par mentionner rapidement les composants qui émettent de la lumière. Transformer en lumière un courant électrique n'a rien de moderne: la première ampoule électrique digne de ce nom date d'il y a largement plus de cent ans. Merci Edison. Dans nos circuits modernes, la fonction d'émission de lumière est assurée presque systématiquement par des diodes électroluminescentes, dont on apprécie notamment la rapidité et la fiabilité à long terme. La lumière émise par les LED est monochromatique, c'est-à-dire que leur couleur est bien définie et le spectre limité, alors que les ampoules ont un rayonnement assez dispersé (plusieurs couleurs entrent dans la composition de leur lumière). Les diodes laser devenues des produits de grande consommation émettent même une lumière cohérente, c'est-à-dire une

lumière dont le rayonnement ne souffre d'aucun déphasage (le principe du déphasage et ses conséquences sur les signaux ont été décrits récemment dans ELEX). L'intensité des rayons émis par ces diodes est considérablement moindre que celle de la lumière émise par les canons laser.

Passons aux composants photosensibles à présent, avec le plus banal d'entre eux, la photorésistance ou LDR. Comme son nom l'indique, il s'agit d'une résistance dont la valeur varie en fonction de la lumière. Dans l'obscurité la résistance est forte, selon l'intensité de l'éclairage elle tombe à une valeur très faible. Les photorésistances ne sont plus beaucoup utilisées en raison d'un défaut impardonnable en électronique, leur lenteur, leur inertie si vous préférez, sensible surtout quand l'éclairage est faible. Les photorésistances sont encore utilisées néanmoins dans les circuits simples, où un simple diviseur de tension résistif suffit pour détecter en tout ou rien la présence ou l'absence de lumière. Pour les fonctions plus raffinées, ce sont des semi-conducteurs photosensibles qui ont désormais pris la relève.

La photodiode

En général, le propre d'une diode est de s'opposer au passage du courant lorsqu'elle est polarisée en sens inverse. En effet, quand la cathode d'une diode idéale est positive par rapport à son anode, il ne doit circuler absolument aucun courant de sa cathode à son anode. Nous savons qu'en pratique, il circule néanmoins un courant de fuite d'une intensité plus ou moins forte selon le type de diode. Sur une photodiode, c'est précisément ce courant de fuite qui varie en fonction de l'intensité du rayonnement lumineux qui frappe la pastille de silicium de la diode

disposée derrière une petite fenêtre. Les courants photo-électriques atteignent des intensités de l'ordre de plusieurs centaines de micro-ampères.

Pour faire fonctionner une diode photo-électrique (*photo-électronique* serait plus correct) il faut donc une source de tension et une résistance aux bornes de

laquelle le courant photo-électrique donne naissance à une tension (photo) électrique. On voit sur le schéma de la **figure 2** que plus l'intensité du courant photo-électrique de la cathode à l'anode de la photodiode et à travers la résistance de 470 k sera forte, plus la chute de tension mesurée aux bornes de la résistance sera importante. Cette tension peut être

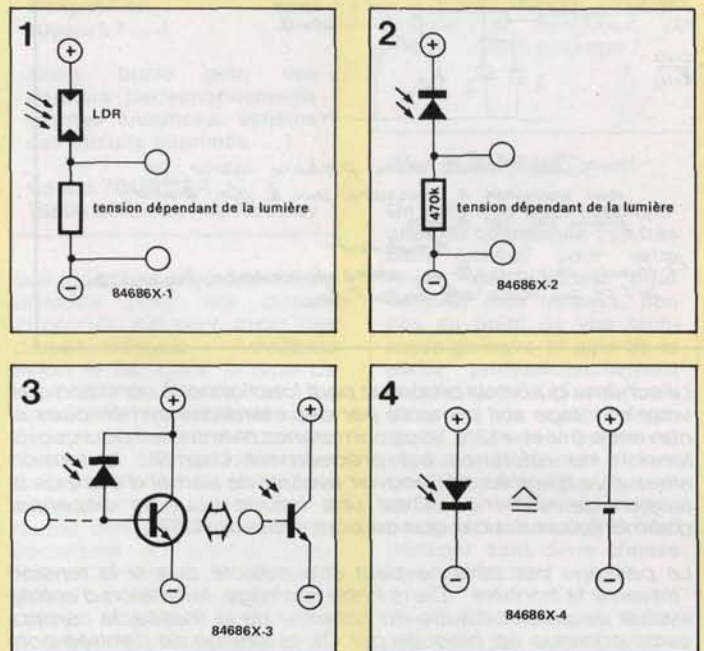


Figure 1 - Elles font figure d'ancêtre des composants photo-électriques, les LDR associées à une résistance avec laquelle elles forment un diviseur de tension.

Figure 2 - La lumière qui frappe une photodiode polarisée en inverse en diminue les caractéristiques de blocage; le photocourant produit une tension aux bornes de la résistance; en aval un circuit électronique peut exploiter cette tension dont la valeur est proportionnelle à celle de l'éclairage.

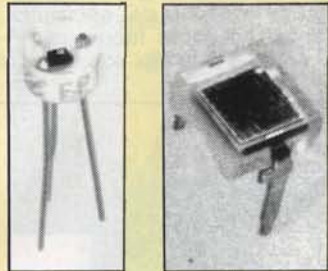
Figure 3 - Sur le phototransistor, la jonction collecteur-base fonctionne comme photodiode. Le photocourant circule à travers l'émetteur comme le fait habituellement le courant de base, et donne ainsi naissance au courant de collecteur.

Figure 4 - Les cellules solaires sont des semi-conducteurs polarisés en sens direct et capables de produire de l'énergie lorsqu'elles sont suffisamment éclairées.

exploitée électroniquement telle quelle, puisqu'elle est directement proportionnelle à la quantité de lumière qui frappe la photodiode. Quand la lumière augmente, la tension en fait autant, et inversement.

Le phototransistor

Le photocourant d'une diode n'est pas d'une intensité extraordinaire. Amplifions-le avec un transistor, direz-vous en brandissant le circuit de la figure 3. Et c'est ainsi que l'on inventa le phototransistor de la même figure 3; une contraction de la diode photosensible et du transistor amplificateur de courant.



La jonction collecteur-base d'un transistor est toujours polarisée en sens inverse, le plus à la cathode (= collecteur) et le moins à l'anode (=base). C'est là que naît le photocourant, amplifié ensuite dans son trajet base-émetteur. L'intensité du courant que peut fournir un phototransistor est environ 10 fois supérieure à celle que peut fournir une photodiode. Il existe même des phototransistors munis d'une électrode de base en principe inutile; ceci permet de superposer une commande électronique à la commande photo-électrique.

Les photo-éléments

Les plus connus des photo-éléments sont les cellules photo-électriques ou solaires. Ce sont aussi des diodes, mais capables celles-là grâce à l'effet photovoltaïque de fournir de l'énergie sans adjuvant autre que la lumière bien sûr, contrairement aux photodiodes ou aux phototransistors auxquels il faut une source de tension.

La photodiode est de nouveau une jonction PN, polarisée en sens direct, l'anode est positive et la cathode négative. Mises en série, les photodiodes élémentaires permettent d'obtenir des **photopiles**, les fameuses cellules solaires, conçues pour réagir à la lumière solaire et pour produire un maximum d'énergie.

Pour mesurer la lumière (en photographie par exemple), on fait appel à des semi-conducteurs photosensibles polarisés en sens direct. La tension obtenue est en rapport logarithmique avec la lumière incidente, c'est-à-dire que quand la quantité de

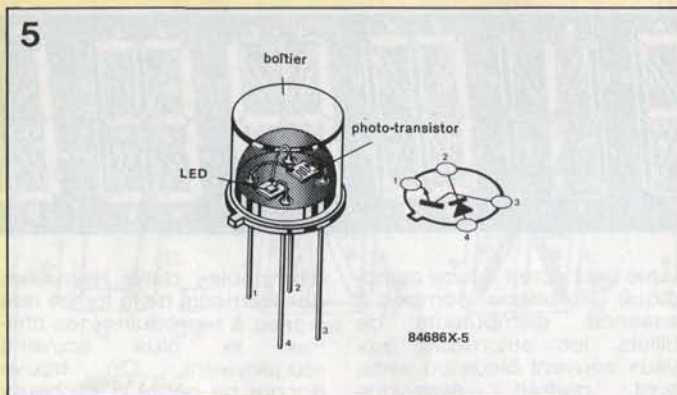


Figure 5 - L'opto-coupleur convertit des signaux électriques en signaux lumineux et vice versa. Les opto-coupleurs permettent de faire communiquer deux circuits électroniques sans contact électrique entre eux. La lumière est le support de l'information qui circule.

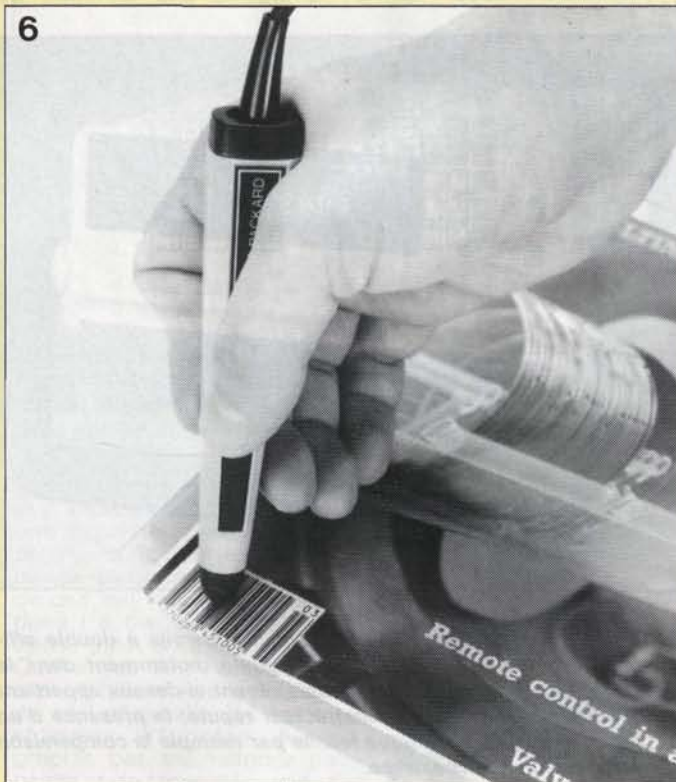


Figure 6 - Le principe de fonctionnement du crayon optique à l'aide duquel on lit les codes à barres est celui de l'opto-coupleur. Une petite LED envoie de la lumière sur les traits noirs et blancs; les uns absorbent la lumière, les autres la renvoient et c'est cette succession d'impulsions lumineuses que le phototransistor transforme en autant d'impulsions de courant.

lumière augmente, la tension augmente moins vite; entre les deux grandeurs il existe néanmoins un rapport de progression défini mathématiquement, et qu'il suffit de connaître pour déterminer la quantité de lumière en fonction de la tension.

La transmission optique

Un champ d'application aussi vaste que performant de l'optoélectronique est celui de la transmission de signaux: la lumière pour véhiculer des informations. Un des composants essentiels de la chaîne de communication optique est l'opto-coupleur, fait d'une diode électroluminescente (émission) et d'une photodiode (réception) réunies

dans le même boîtier, étanche par ailleurs à la lumière ambiante. La lumière émise par la LED dépend de l'intensité du courant à travers la LED, tandis que cette lumière émise par la LED est reçue par la photodiode est retransformée par elle en courant. Le courant d'entrée et le courant de sortie de l'opto-coupleur sont directement liés l'un à l'autre sans pour autant qu'il y ait le soupçon d'une liaison électrique entre les circuits d'entrée et de sortie. L'opto-coupleur est donc le composant par excellence pour faire communiquer deux circuits sans les faire entrer en contact galvanique l'un avec l'autre.

Une application fondamentale



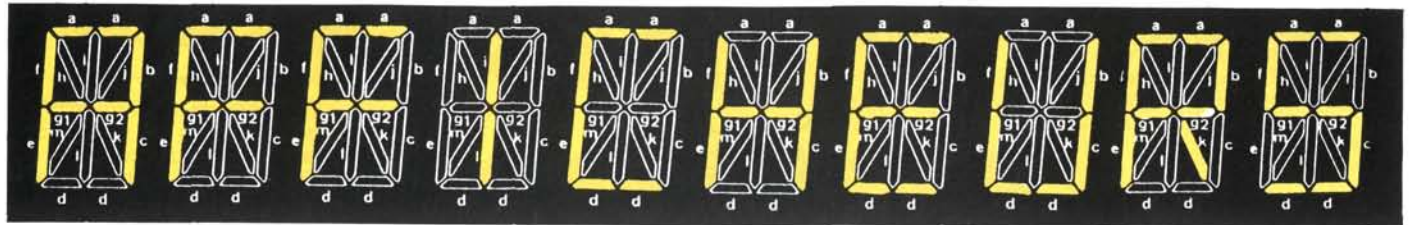
courante de la séparation de deux circuits se trouve dans les circuits de commutation de la tension du réseau électrique domestique (220 V) dont le circuit de commande est isolé pour des raisons de sécurité. Une autre application très répandue dans l'électronique moderne est celle de l'interface MIDI des synthétiseurs de musique. Dans ce cas, la séparation est indispensable pour éviter les redoutables boucles de masse entre les appareils de (re)production de signaux BF. Il s'agit alors de supprimer tout risque de bruits de ronflement et de commutation.

Une troisième application moderne est la transmission de signaux sur de longues distances par fibres optiques: on transforme les signaux électriques en signaux lumineux pour les acheminer d'un point à un autre (téléphone par exemple). Les supports d'information modernes sont aussi de plus en plus fréquemment des supports optiques: le disque numérique est un disque optique (laser), les codes à barres sont des systèmes de codage optique de l'information. D'ailleurs moderne ou pas, tout cela a commencé avec des cartes perforées qui étaient elles aussi en quelque sorte des supports optiques.

Arrêtons-nous un instant aux codes à barres dont il avait déjà été question rapidement dans le premier numéro d'ELEX (un dialogue entre Rési et Transi page 52 du numéro 1). Le crayon qui permet de les lire comporte une LED et une photodiode; un opto-coupleur indirect en quelque sorte, puisque la lumière au lieu d'être envoyée directement de la LED à la photodiode est envoyée vers le papier imprimé qui la réfléchit ou ne le réfléchit pas selon que, au passage de la pointe du crayon optique, un trait d'encre noire absorbe la lumière ou non.

Tu comprends ça, Eugène ?

Il existe maintenant des composants d'avant-garde qui ne convertissent plus les courants en lumière, mais traitent directement la lumière elle-même (c'est pas de la blague...). Il n'est pas impossible du tout qu'un jour de tels circuits «luminotroniques» assurent des fonctions aussi complexes que celles de nos ordinateurs d'aujourd'hui. En attendant l'édition optotronique d'ELEX, nous continuerons de vous proposer chaque mois de l'électronique conventionnelle.



Le traitement numérique d'informations se développe dans les directions les plus inattendues. Partout, sur tous les appareils, pour toutes les fonctions possibles et imaginables, on voit apparaître des touches plus ou moins nombreuses. Souvent elles forment un clavier surmonté d'un afficheur de quelques signes ou quelques lignes, quand ce n'est pas un véri-

table petit écran à tube cathodique. Téléphone, pompes à essence, distributeurs de billets, les automates aux yeux souvent bleus ou verts, sont partout. Avez-vous remarqué que l'un des messages affichés fréquemment par ces appareils est... *en panne* ?

Au début, les afficheurs se présentaient sous forme

d'ampoules dans lesquelles des filaments de la forme des signes à reproduire (des chiffres le plus souvent) rougeoyaient. On trouve encore ce genre d'afficheurs ici ou là sur certains appareils anté-diluviens, notamment les vieux flippers. Ces tubes étaient appelés *nixies*.

Depuis les années 60, les ampoules des tableaux de

bord ont été remplacées petit à petit par les LED, que l'on a combinées en afficheurs d'abord à 7 segments, puis à 14 et à 16 segments, comme ceux de la **figure 3**, pour pouvoir afficher toutes les lettres de l'alphabet (majuscules) sans équivoque. Ces afficheurs à LED, même avec leurs renforts de segments, ont la vie dure face aux afficheurs à cristaux liquides qui

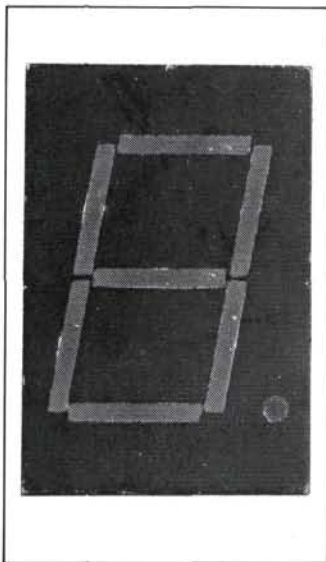


Figure 1 - Les afficheurs à 7 segments sont des composants en fait très simples; il suffit de se les représenter comme 7 LED (plus une pour le point décimal) dont l'anode ou la cathode est commune.



Il n'est pas exceptionnel de trouver des appareils à double affichage, l'un numérique, l'autre analogique, notamment dans la catégorie des multimètres. Le modèle récent ci-dessus appartient au haut de la gamme d'un constructeur réputé; la présence d'un deuxième afficheur numérique facilite par exemple la comparaison de deux mesures successives.

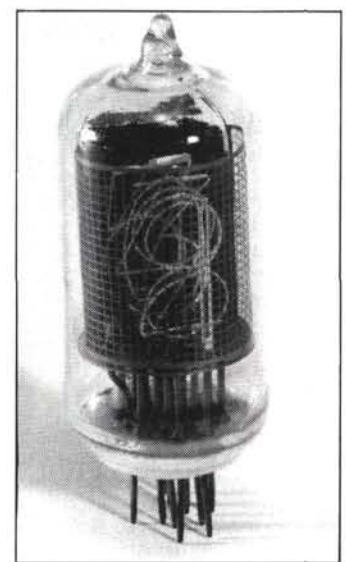
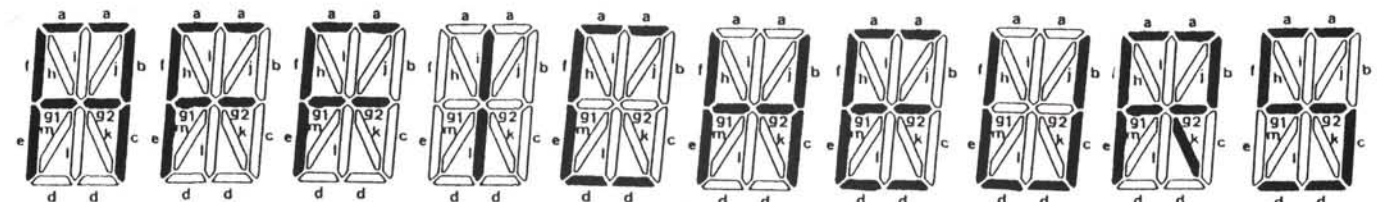


Figure 2 - Dans l'antiquité de l'électronique, c'est ce genre d'afficheurs que l'on utilisait. Un détail curieux : les chiffres n'apparaissent pas sur le même plan les uns que les autres.

Tableau comparatif de quelques grandes familles d'afficheurs

type	NIXIES	MINITRON	FLUO	LED	LCD
fonction	décharge lumineuse électrodes en forme de chiffres	incandescence filaments à 7 segments	fluorescence 7 segments ou plus matrices	points, traits 7 segments ou plus matrices	cristaux liquides 7 segments ou plus matrices
tension de service	170 à 300 V	5 à 9 V	10 à 50 V	1,6 à 2,2 V	1,2 à 10 V
puissance	30 à 100 mW	50 à 400 mW	80 mW/cm ²	200 mW/cm ²	0,001 mW/cm ²
longévité	30000 heures	50000 heures	30000 heures	100000 heures	50000 heures
lisibilité	médiocre	médiocre	bonne	moyenne	moyenne
avantages			luminosité	longévité	faible consommation
inconvenients	tension élevée (caduc)	consommation (caduc)	fragile	consommation élevée en raison de la faible tension	lenteur



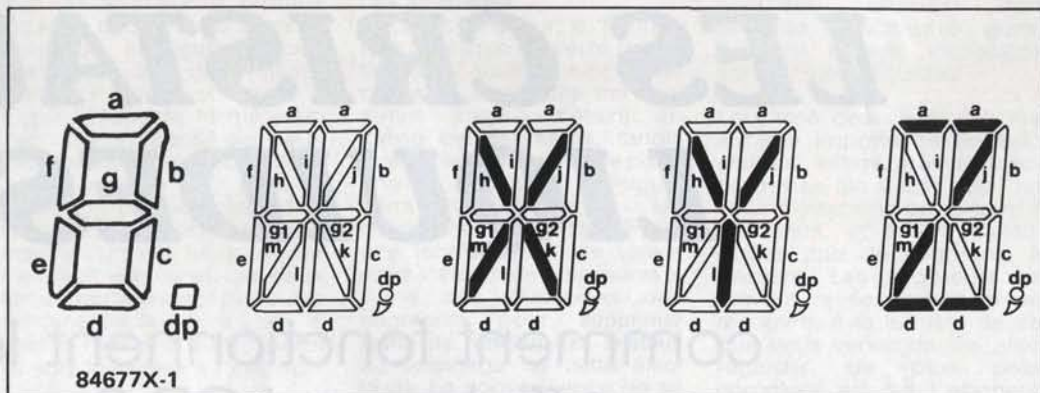
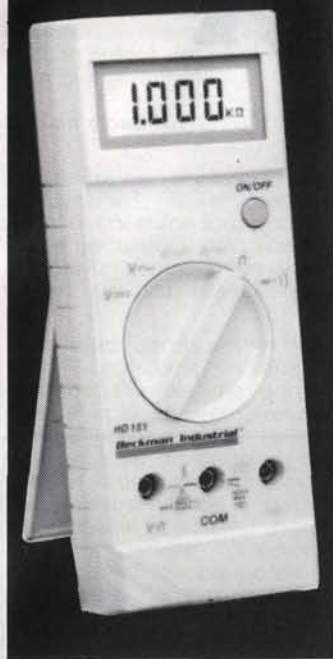


Figure 3 - Pour assouplir la représentation de signes à l'aide d'afficheurs à segments, on a fractionné les segments, rajouté une médiane et deux diagonales. Dès lors il devient possible de reproduire sans équivoque toutes les lettres de l'alphabet (majuscule).

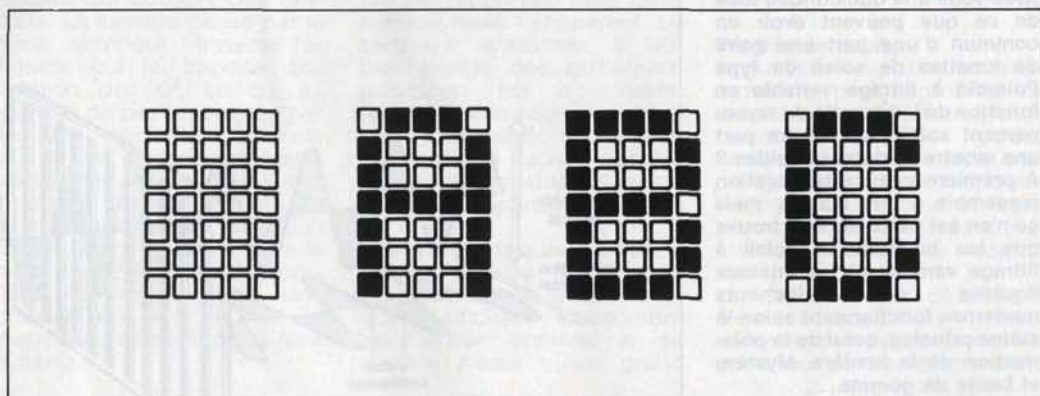


Figure 4 - Avec les matrices de points la fragmentation est poussée encore un peu plus loin, et l'on obtient une définition améliorée. C'est également sur une matrice de points qu'apparaissent les caractères sur les écrans d'ordinateurs et sur les imprimantes matricielles, comme leur nom l'indique.

ont fait énormément de progrès, mais n'ont pas encore réussi à s'affranchir entièrement de certains défauts de lisibilité.

Les segments se sont fractionnés en points disposés en matrice de 7 x 5 par exemple (35 points), ce qui permet de reproduire les signes alphanumériques courants avec une définition qui en facilite la lecture. La figure 4 montre comment on trace des lettres à l'aide de telles matrices de points sur un afficheur moderne, à LED ou à cristaux liquides. Les minuscules, avec les jambages des lettres g, j, p et q ne sont pas faciles à reproduire sur de tels afficheurs, sans parler des lettres accentuées (é, è, à, ù), ni de l'accent circonflexe, du tréma et de la cédille. On constate dans le français écrit des dix dernières années un recul très net de ces détails de l'orthographe : citons notamment l'absence d'accentuation des majuscules (le programme de traitement de texte à l'aide duquel est écrit cet article par exemple connaît une majuscule pour

le é, mais pas pour le è, pour le ç, mais pas pour le à, etc), une disparition presque totale du e dans l'o (œuf, œil, nœud, œuvre, œsophage etc au lieu de œuf, œil, nœud, . . .), du e dans l'a (tœnia, cobœa), du tréma (noel au lieu de noël). Quelle que soit l'origine de ces mutations (sans doute y en a-t-il plusieurs), les limites étriquées imposées à la graphie par les matrices de points et de façon générale la pauvreté des polices de caractères des imprimantes et des micro-ordinateurs contribuent à accélérer la détérioration de l'orthographe. Vous n'êtes pas de ces esprits réducteurs qui veulent supprimer l'accentuation, n'est-ce pas ? Vous



goûtez la nuance entre par exemple «répondez aux questions en cochant les cases de votre choix» et «le merle trillait sans désespérer tout en côchant la merlette de son choix», n'est-ce pas ? Vous n'êtes pas tout de même de ces partisans de la castration du ç ? Vous ne vous joindrez pas, dites, à ceux qui veulent envoyer les ê, les î, les à, les ô et les ù à la guillotine ? Par pitié, améliorons les afficheurs, ne mutilons plus les caractères. Quant aux mots eux-mêmes, pourquoi un afficheur devrait-il s'appeler «displé» ? Au lieu de «displé à 3 et demi digit» on peut dire «afficheur à 3 chiffres et demi», non ? C'est plus joli et plus clair surtout.

84677



La juxtaposition sur un oscilloscope d'un affichage analogique (sous forme d'un tube cathodique à double trace) et d'un afficheur numérique à cristaux liquides éclairés relève encore du luxe, mais elle confère à cet appareil un confort d'utilisation dont il faut espérer qu'il se banalisera rapidement. Tous les paramètres de réglage peuvent être saisis en un clin d'oeil, sans effort et sans risque de parallaxe, sur l'afficheur à cristaux liquides.

LES CRISTAUX LIQUIDES

comment fonctionnent les afficheurs LCD ?

Avez-vous une quelconque idée de ce que peuvent avoir en commun d'une part une paire de lunettes de soleil de type Polaroid à filtrage variable en fonction de l'intensité du rayonnement solaire et d'autre part une montre à cristaux liquides ? A première vue, cette question ressemble à une blague, mais ce n'en est pas une. Il se trouve que les lunettes de soleil à filtrage variable et les cristaux liquides modernes fonctionnent selon le même principe, celui de la polarisation de la lumière. Mystère et boule de gomme...

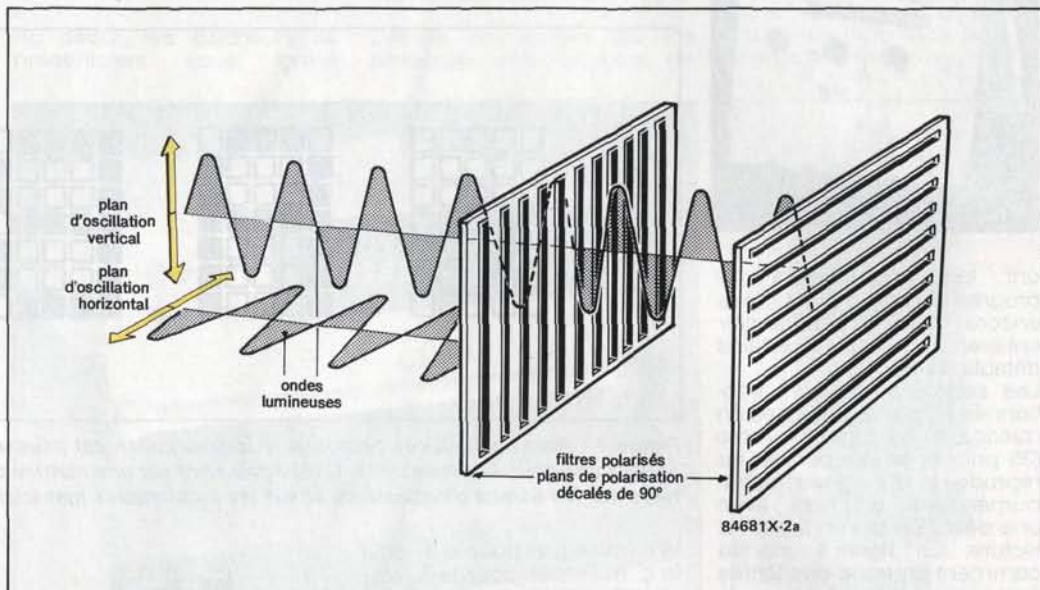


Figure 2a - Toute vibration s'inscrit sur un plan horizontal ou vertical. On dit d'un phénomène ondulatoire qu'il est caractérisé par un plan d'oscillation. C'est le cas aussi de la lumière. Quand deux filtres de polarité opposée sont placés l'un derrière l'autre, la lumière qui traverse l'un est forcément bloquée par le second.

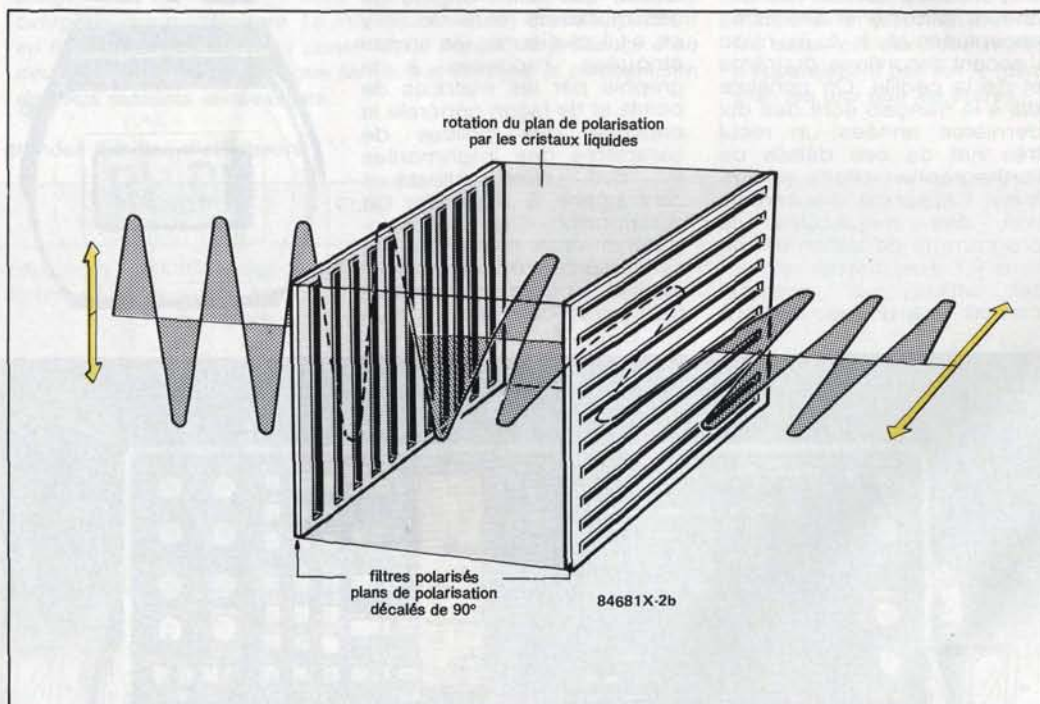


Figure 2b - Si entre les deux filtres à polarité opposée on place une substance à la fois translucide et capable d'imprimer un mouvement de rotation à la lumière pour lui changer son plan de polarisation, la lumière traversera le second filtre. C'est selon ce principe que fonctionnent les afficheurs à cristaux liquides.



Figure 1 - Ils sont partout, les afficheurs à cristaux liquides, bon marché, légers, économes, bien adaptés à l'affichage de données numériques ou par idéogrammes (symboles), mais demandez autour de vous qui sait comment cela fonctionne ? Rares seront ceux qui sauront vous donner une réponse, aussi sommaire soit-elle. Et pourtant, c'est simple.

L'effet est produit par un filtre qui impose une rotation de 90° aux rayons lumineux. Attention, il ne s'agit pas de déviation, mais bien de rotation autour de l'axe. Nous voilà bien avancés...

Le plan d'oscillation

La lumière est un mouvement ondulatoire électromagnétique, qui comme tout phénomène ondulatoire est caractérisé par un sens ou plus exactement un plan d'oscillation.

Vous allez comprendre cela avec un petit exemple pratique. Prenez une cordelette souple d'un mètre ou deux et attachez-en un bout à une poignée de porte ou au dossier d'une chaise. Tenez l'autre extrémité de la cordelette entre le pouce et l'index sans la tendre. Déplacez maintenant votre bras rapidement de haut en bas : la corde ondule verticalement.

Déplacez votre bras de droite à gauche, la corde ondulera sur un plan horizontal. Faites des mouvements circulaires, et les ondulations de la corde deviendront circulaires.

Toutes les ondes électromagnétiques sont ainsi caractérisées par un plan d'oscillation, vertical, horizontal ou circulaire.

Deux tamis à lamelles

Les rayons lumineux ondulent dans toutes les directions à la fois, sauf si cette lumière est celle d'une source laser (lumière cohérente), ou encore si l'on filtre les rayons pour ne laisser passer que ceux qui ondulent sur un plan particulier. Un filtre de polarisation est précisément un dispositif que l'on pourrait comparer à un tamis à lamelles, et qui ne laisse passer que certains rayons en fonction du sens dans lequel ils sont polarisés.

Si l'on aligne deux filtres de polarisation de telle sorte que "les lamelles" de l'un soient perpendiculaires aux lamelles de l'autre, ce dispositif ne laisse plus passer de lumière du tout (figure 2a). Si l'on peut agir à présent sur la rotation des rayons lumineux entre les deux filtres, on obtient le dispositif de la figure 2b et l'on pourra commander le passage de la lumière. C'est selon ce principe que fonctionnent les afficheurs à cristaux liquides aussi appelés LCD (de l'anglais *liquid crystal display*). La substance avec laquelle on agit sur la polarisation de la lumière, contient les fameux cristaux liquides; à travers elle la lumière passe tantôt sans que son plan d'oscillation ne subisse de rotation, tantôt après qu'il ait subi une rotation de 90°.

Sur un afficheur à cristaux liquides décomposé comme celui de la figure 3, nous retrouvons les deux filtres, l'un à l'arrière et l'autre à l'avant, sous la forme d'un film ultra-fin déposé sur deux plaques de verre. Leurs plans de polarisation sont décalés de 90° l'un par rapport à l'autre. La lumière qui passe à travers l'un est bloquée par l'autre et vice versa. Les deux films n'apparaissent pas sur le schéma de la figure 3, de la même manière qu'en réalité ils sont invisibles à l'œil nu.

Entre les deux plaques de verre on crée une cavité étanche dans laquelle est prisonnière la substance liquide qui contient des cristaux. La lumière passe par le filtre antérieur, traverse le liquide qui lui impose une rotation de 90°, ce qui lui permet de passer ensuite par le filtre postérieur. Là elle atteint la surface réfléchissante (non représentée sur la figure 3) placée derrière la plaque postérieure, et repart dans l'autre sens à travers le filtre postérieur. Puis les cristaux lui refont subir une rotation de 90°, ce qui lui permet de ressortir par le filtre antérieur.

Des électrodes

Nous voyons sur la figure 3 que la plaque de verre postérieure est aussi le support de plusieurs électrodes transparentes (oxyde d'étain) en forme de segments, tandis que la plaque antérieure porte une électrode unique, commune à tous les segments. Il suffit d'appliquer une tension de faible valeur entre l'électrode commune et l'une des électrodes des segments pour supprimer l'effet de rotation des cristaux au voisinage de cette électrode. La conséquence ne se fait pas attendre : la lumière ne passe plus à travers cette région devenue opaque et qui par conséquent s'assombrit par rapport au reste de la surface restée transparente. Le segment «s'allume»; il faut bien mettre des guillemets, puisqu'en fait il s'éteint. Disons que le segment apparaît... Quand la tension disparaît, la zone opaque redevient translucide et le segment disparaît.

A la question «que se passe-t-il si le liquide fuit?» vous répondrez donc sans hésiter que l'afficheur s'assombrit tout entier comme si sa surface n'était qu'un grand

segment allumé. Bien entendu, l'afficheur en question est devenu inutilisable sans cristaux liquides.

La forme des électrodes n'a aucune importance en soi : chiffres, lettres, points, idéogrammes, etc. Il suffit que l'on ait une électrode de référence à l'avant, et autant d'électrodes que de segments à l'arrière. Les segments ne doivent ni se croiser ni se recouvrir. A la lumière de ce que vous venez de lire, allez regarder de plus près comment est fait l'afficheur de votre montre bracelet, de votre chronomètre ou encore de l'un de ces petits jeux électroniques à LCD.

Progrès en cours

Au fur et à mesure de la miniaturisation des segments, la résolution des afficheurs à cristaux liquides s'est améliorée. La petite taille des pixels que l'on sait fabriquer désormais à moindres frais permet d'obtenir des écrans à cristaux liquides de qualité dite graphique.

Un pixel est le plus petit élément que l'on puisse commander (sous forme de point ou de carré, ou d'un

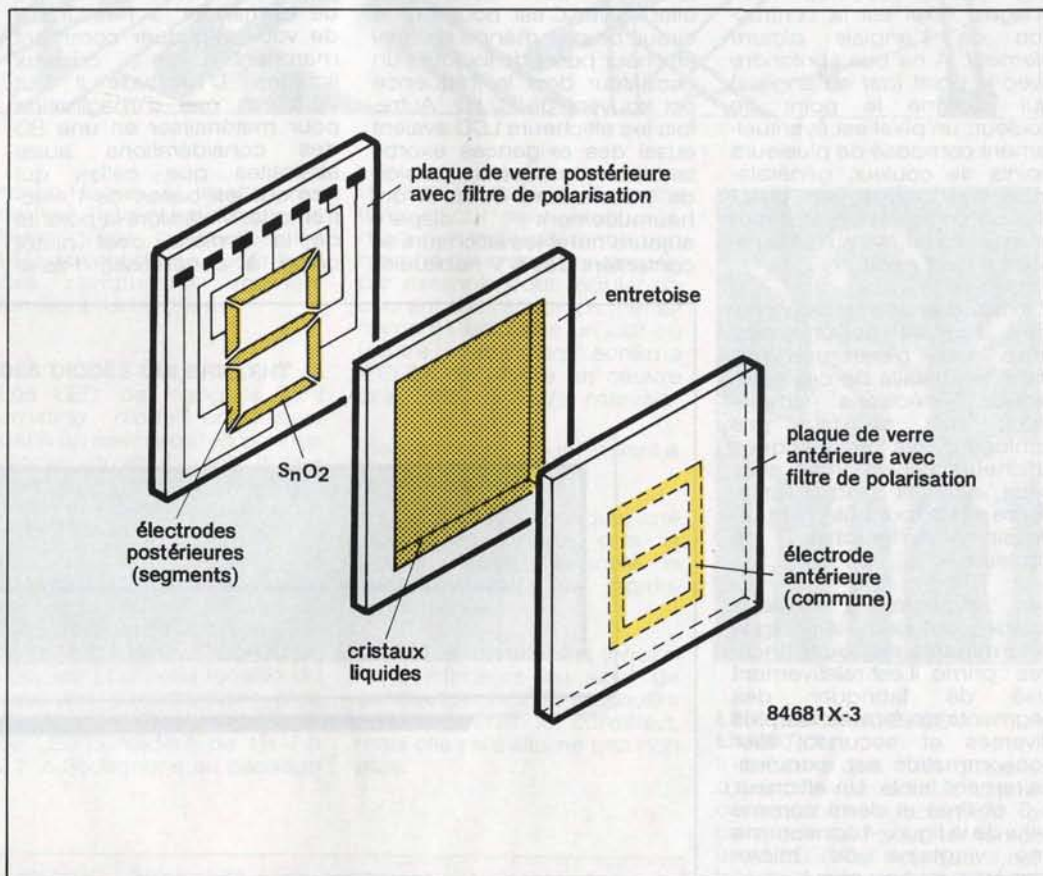
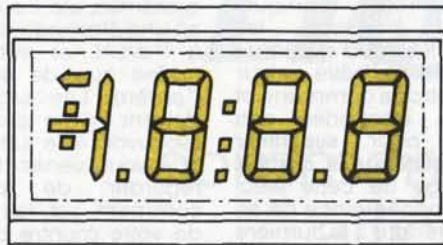


Figure 3 - Un afficheur à cristaux liquides comporte des filtres de polarité opposée, montés sur deux plaques de verre entre lesquelles sont prisonniers les cristaux liquides. Ceux-ci sont donc pris en sandwich entre une électrode commune transparente placée sur la plaque antérieure, et une autre électrode, non moins transparente, mais divisée en segments, et placée sur la plaque postérieure. Quand un segment d'électrode est soumis à un potentiel suffisant, les cristaux n'impriment plus de mouvement de rotation au plan d'oscillation de la lumière. Cette région s'assombrit et le segment correspondant apparaît. Au repos, les cristaux renversent le plan de polarisation de la lumière et la surface de l'afficheur est uniformément claire. Derrière la plaque arrière se trouve une surface réfléchissante non représentée ici.



84681X-4

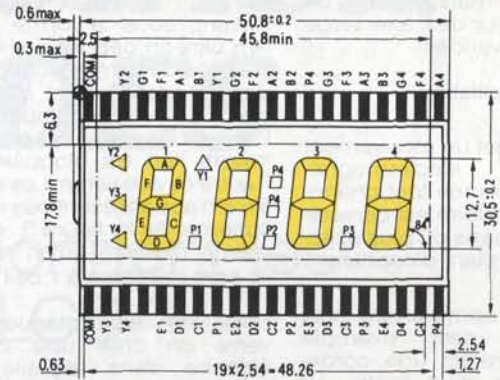


Figure 4 - A gauche, exemple d'afficheur à 3 chiffres et demi (le chiffre des milliers est dit demi-chiffre car il ne permet d'indiquer qu'un 1). Ceci n'est pas une caractéristique exclusive des afficheurs à cristaux liquides.

A droite, cotes et brochage d'un afficheur à cristaux liquides à quatre chiffres tels que les donne son fabricant. Les segments sont repérés par les lettres a à g comme d'habitude. Malheureusement il n'est pas possible d'attaquer les segments d'un afficheur à cristaux liquides directement avec une tension continue; il faut une tension alternative d'une trentaine de hertz.

ensemble de points ou de carrés) de façon autonome sur un écran pour composer des caractères ou des images. *Pixel* est la contraction de l'anglais *picture element*. A ne pas confondre avec le point (*dot* en anglais) qui désigne le point de couleur; un pixel est éventuellement composé de plusieurs points de couleur, généralement trois : rouge, vert, bleu ! Sur un écran ou un afficheur monochrome, les pixels et les points, c'est pareil.

Il existe des afficheurs à cristaux liquides polychromes, mais nous n'entrerons pas dans les détails de ces techniques. Précisons simplement qu'il ne faut pas confondre les authentiques afficheurs polychromes avec ceux dont la plaque antérieure porte tout bêtement un dessin sérigraphié en couleurs.

Les afficheurs à cristaux liquides ont deux avantages déterminants sur leurs ancêtres : primo, il est relativement aisé de fabriquer des segments de formes les plus diverses et secundo, leur consommation est extraordinairement faible. Un afficheur à 3 chiffres et demi comme celui de la figure 4 consomme une vingtaine de microampères, tout au plus !

Chaque revers a sa médaille, les afficheurs à cristaux liquides aussi : outre la résolution encore grossière et le contraste médiocre des afficheurs ordinaires, il faut considérer comme un inconvénient la complexité du circuit de commande d'un afficheur à LCD. En effet les cristaux

liquides ne résisteraient pas longtemps à une polarisation en continu; il leur faut une tension de commande alternative. C'est pourquoi le circuit de commande d'un tel afficheur possède toujours un oscillateur dont la fréquence est souvent de 32 Hz. Autrefois les afficheurs LCD avaient aussi des exigences exorbitantes en matière de tension de polarisation; celles-ci ont heureusement disparu aujourd'hui et les afficheurs se contentent des 5 V habituels.

En guise de conclusion

En préparant le scénario de la BD de ce mois-ci (hé oui, ça se prépare !) nous envisageons de demander à Rési&Transi de vous expliquer comment marchent les cristaux liquides. D'habitude il faut déjà pas mal d'imagination pour matérialiser en une BD des considérations aussi abstraites que celles qui forment les bases de l'électronique. Mais alors la polarité de la lumière, c'est plutôt coton à concrétiser. Passe

encore pour un dessin animé, mais pour les images statiques d'une bande dessinée imprimée sur papier... On a pensé à un système de deux stores, l'un à lamelles verticales et l'autre à lamelles horizontales... puis on a renoncé. Ceci dit, qui est mécontent de la BD sur les afficheurs à gaz ?

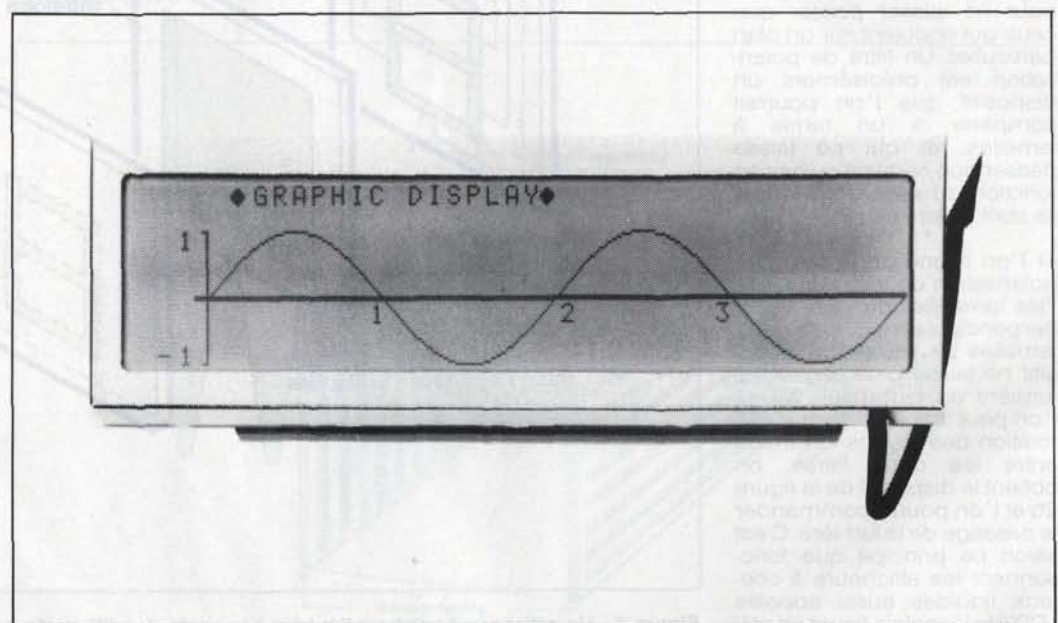
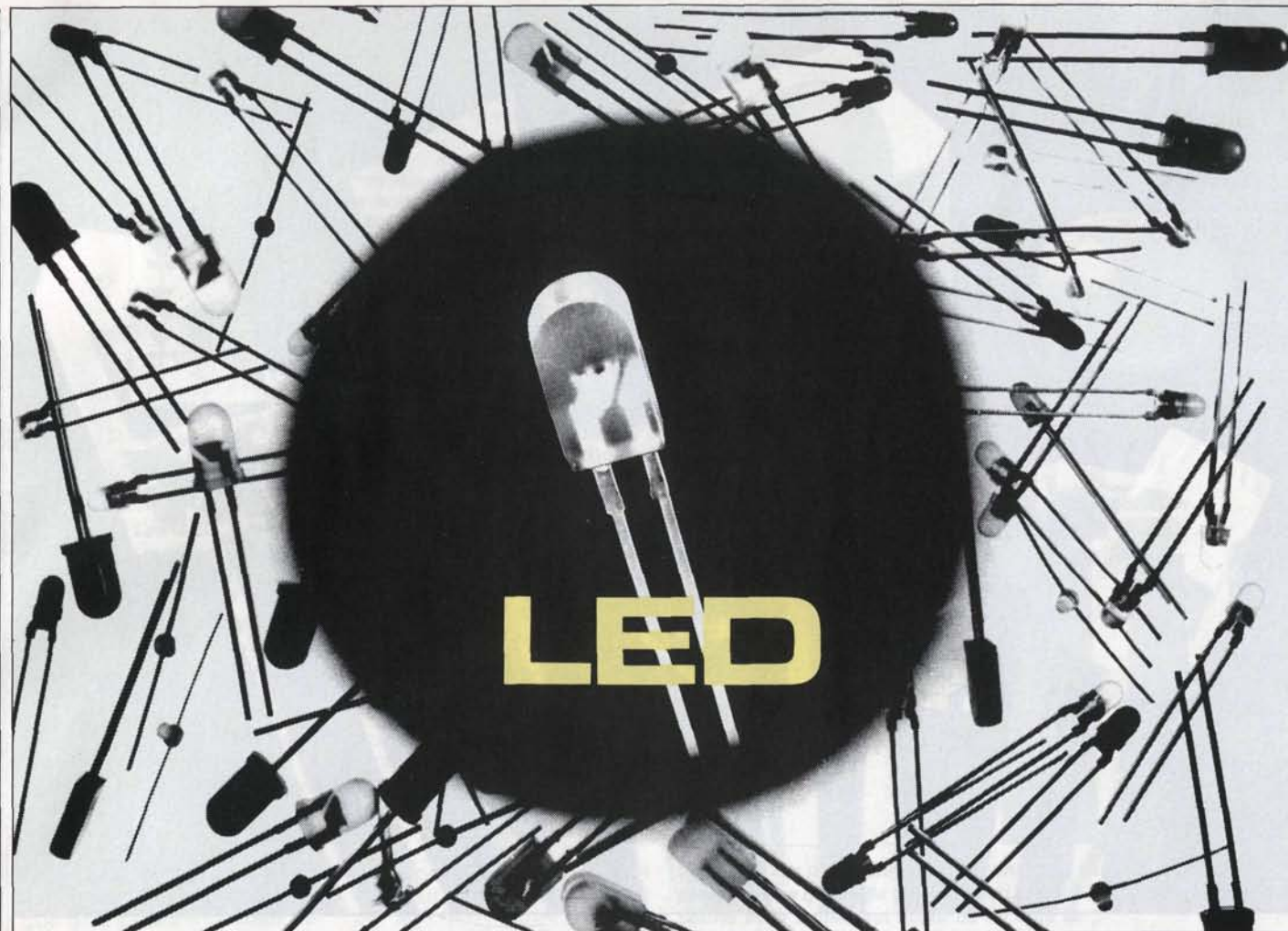


Figure 5 - Entre les sommaires afficheurs à 7 segments et l'authentique écran plat à haute résolution (et éventuellement en couleurs), les afficheurs à cristaux liquides existent en une variété étonnante de modèles : ici nous avons par exemple une matrice de 64 x 320 (= 20480 points) sur laquelle on peut afficher 8 lignes de 40 caractères à 8 x 8 points.

Pour atténuer l'inconvénient que constitue l'absence d'émission de lumière par un afficheur à cristaux liquides, et pour obtenir un contraste satisfaisant même dans les conditions d'éclairage les plus extrêmes (plein soleil ou obscurité), les afficheurs à cristaux liquides sont dotés de plus en plus souvent d'un panneau arrière éclairé.



Les diodes électroluminescentes sont sans doute le composant le plus répandu. Étonnant, non ? Il y en a partout, des rouges, des jaunes, des vertes, et même des bleues, des rondes, des carrées, des triangulaires... toutes les formes possibles, et un bon choix de couleurs.

Sans parler des afficheurs à 7 segments où elles sont regroupées à sept, plus éventuellement un ou deux points décimaux. Oui, derrière chaque segment d'un afficheur se cache une LED.

La diode électroluminescente est un composant bon marché mais robuste car il résiste aux vibrations et aux mises sous tension répétées mieux que les ampoules ordinaires. Depuis quelque temps elles ont même droit de cité sur les tableaux de bord de nos automobiles. Il n'y a pas un numéro d'ELEX dans lequel elles n'ont pas été utilisées copieusement, et dès le début nous vous les avons présentées comme un composant de base (voir éventuellement ELEX n°3, septembre 1988, page 17).

Loin d'être seulement décorative, la LED est un indicateur fiable, précieux et extrême-

ment facile à mettre en oeuvre. Revoici les notions de base grâce auxquelles les LED doivent devenir pour tous des composants vraiment familiers. Utilisez-les !

DES DIODES QUI BRILLEN

Les LED, de l'anglais *light emitting diode* conduisent dans un seul sens, en bonnes diodes qu'elles sont. Il faut que leur cathode soit à un potentiel négatif par rapport à celui de l'anode.

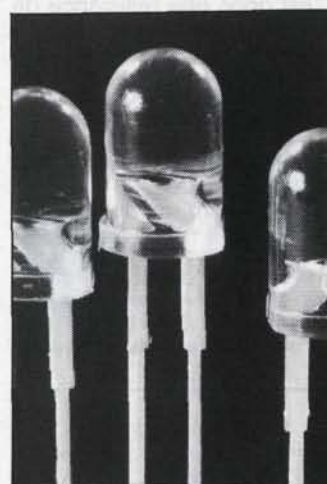
La différence de tension entre cathode et anode doit être de 0,6 V avant qu'une diode ordinaire se mette à conduire. Pour les LED cette tension de seuil est sensiblement plus élevée et varie selon le type de LED considéré de 1,6 V à 2,7 V. Soulignons au passage

la relative stabilité de cette tension qui peut éventuellement servir de référence bon marché dans certains circuits, par exemple pour réguler un courant. Nous aurons certainement l'occasion un jour ou l'autre dans un schéma d'ELEX de mettre en oeuvre une LED de cette manière.

Mais revenons pour l'instant à notre tension directe.

Si on s'amuse à appliquer une tension plus forte que la tension directe nominale, le semi-conducteur est rapidement détruit.

Quand au contraire la tension reste inférieure au seuil de conduction, la LED ne souffre pas (*ce serait le comble !*), mais elle ne s'allume pas non plus.



LES RÉISTANCES DE LIMITATION

Il est rare que l'on dispose d'une tension dont la valeur corresponde exactement à celle qu'il faut pour alimenter une LED. C'est pourquoi il est très fréquent de voir les LED associées à des résistances dites de limitation de courant. L'exemple ci-contre nous montre comment la LED dont la tension de service n'est que de 2,2 V peut être utilisée malgré tout avec une source de tension de 12 V, grâce à une résistance de 470 Ω aux bornes de laquelle s'opère une chute de tension de 9,8 V.

couleur	luminosité (mcd)	rayonnement (angle)	courant (mA)	tension (V)
rouge	1	90°	20	1,6
rouge ⁹⁶	3	90°	20	2,2
jaune	2,5	90°	20	2,2
vert	2,5	90°	20	2,2

⁹⁶ LED à haut rendement

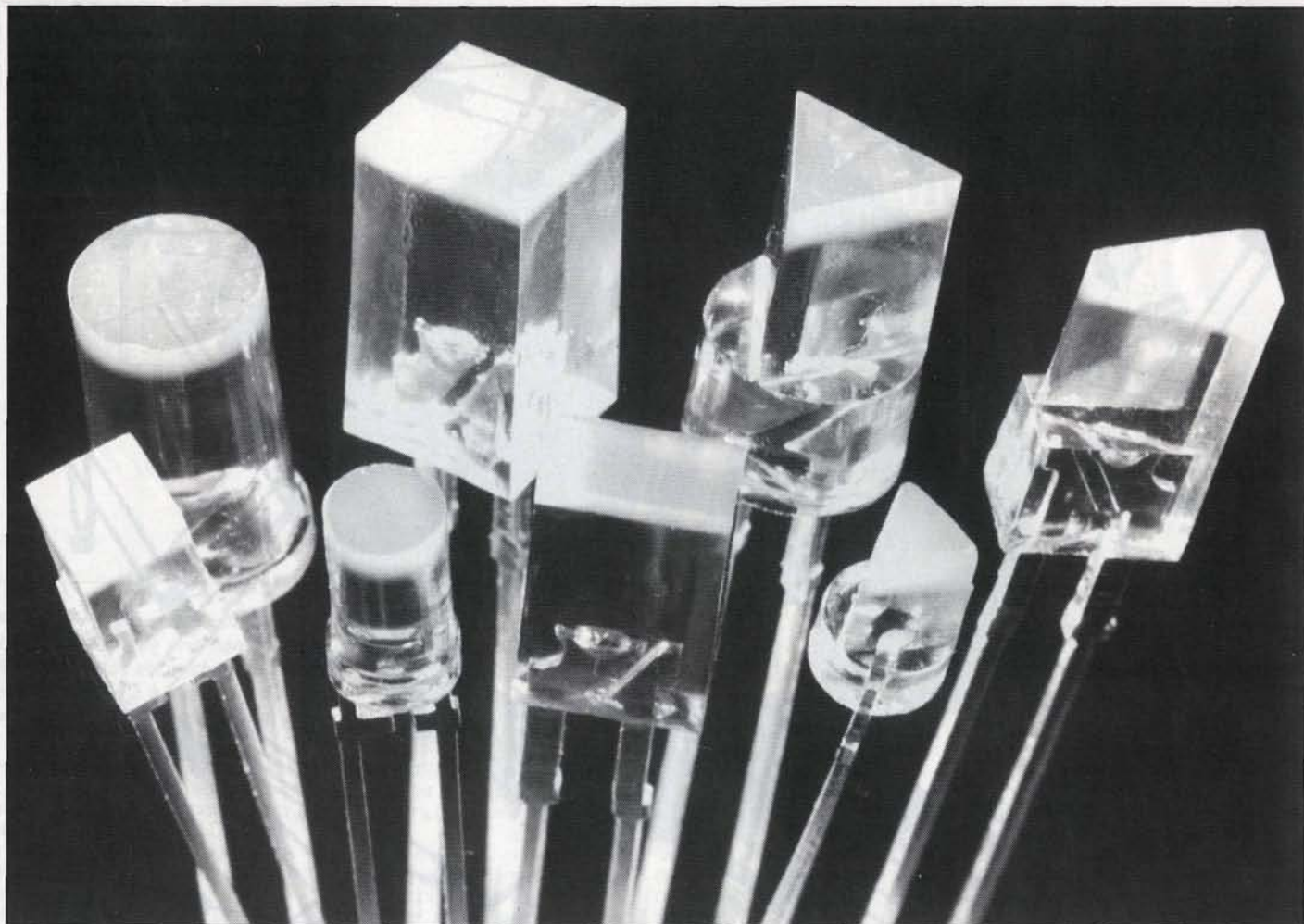


Figure 1 - LED modernes de différentes formes et tailles (les couleurs ne sont malheureusement pas reproduites ici).

C'est donc une résistance de limitation de tension, direz-vous, non sans raisons. Oui, on peut le voir ainsi, mais sa valeur est déterminée surtout en fonction du courant que nous laissons circuler à travers la LED. Une valeur normale de l'intensité moyenne avoisine les 20 mA. Au-delà de cette limite on obtient encore une certaine amélioration de la luminosité, non sans provoquer aussi une détérioration certaine des caractéristiques de longévité

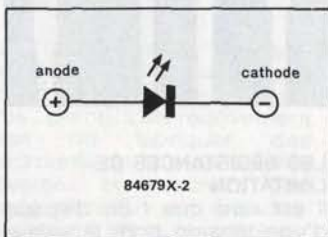


Figure 2 - Comme toutes les diodes, la LED a une anode reliée normalement au pôle positif et une cathode reliée au pôle négatif. Les deux flèches indiquent que ce composant émet de la lumière. Les LED sont de piètres redresseurs en raison de leur comportement médiocre en polarisation inverse.

La cathode se trouve du côté du symbole qui ressemble à un K.

de la LED. C'est comme pour une chandelle allumée aux deux bouts, elle s'use plus vite !

Le courant à travers la LED doit être de l'ordre d'une vingtaine de milliampères sous une tension de 2,2 V, la tension de service donnée étant de 12 V. La résistance doit laisser passer 0,02 A et faire chuter la tension de 9,8 V.

C'est la loi d'Ohm qui nous en dicte la valeur :

$$R = U/I = 9,8 \text{ V} / 0,02 \text{ A} = 490 \Omega$$

valeur approchée avec les 470 Ω de la série normalisée. En renversant la formule, vous pouvez vérifier que le courant ne s'emballé pas :

$$I = U_R/R = 9,8 \text{ V}/470 \Omega = 21 \text{ mA.}$$

GASPILLAGE LUMINEUX

Nous avons vu qu'une grande partie de la tension initiale chute à travers la résistance : 9,8 des 12 V pourraient être utilisés pour... faire s'allumer d'autres LED par exemple. Tant qu'à les gaspiller, autant en faire un feu d'artifice ! Voyez ce qui se passe sur le schéma de la figure 4 : la résistance n'est plus que de 150 Ω , elle ne fait plus chuter que 3,2 V, et nous avons quatre LED au lieu d'une seule.

LES TRANSISTORS DE COMMANDE

Le plus souvent les LED servent d'indicateur et sont pour cela commandées par l'intermédiaire d'un transistor. Celui-ci fait office d'interrupteur électronique, en tout ou

rien. La LED du schéma de la figure 4 s'allume quand le transistor conduit, c'est-à-dire quand un courant de base (I_B) rend passante la jonction collecteur-émetteur.

Le courant de base requis est beaucoup plus faible que le courant qui circule par exemple à travers la LED; il suffit de 100 à 200 μA (microampères). La valeur de la résistance de base du transistor, indispensable pour limiter l'intensité du courant, va dépendre de la tension de commande disponible. Avec des circuits logiques par exemple, alimentés en 5 V, et compte tenu du seuil de tension de 0,6 V de la jonction base-émetteur, nous aurons : $(5 \text{ V} - 0,6 \text{ V}) / 100 \mu\text{A} = 44 \text{ k}\Omega$. La valeur normalisée la plus proche est 47 k Ω . En raison de sa faible valeur, la chute de tension sur le trajet collecteur-émetteur n'est pas prise en compte dans le calcul de la valeur de la résistance de collecteur.

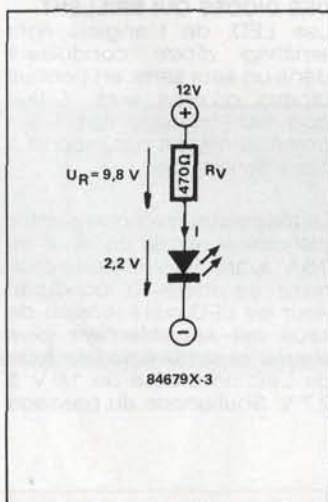


Figure 3 - Une résistance montée en série avec une LED permet de réduire la tension de service. La valeur de cette résistance est déterminée en fonction de la tension de service, compte tenu du courant d'une vingtaine de milliampères et de la tension de service de la LED, de 1,6 V à 2,7 V (selon le type).

LES LED SONT DE MÉDIOCRES DIODES DE BLOCAGE

Pour ce qui est de se servir des LED comme on le fait de diodes ordinaires, c'est-à-dire pour bloquer des signaux de polarité opposée à celle du sens direct anode-cathode, il ne faut pas trop compter sur elles en raison des courants de fuite importants, dont

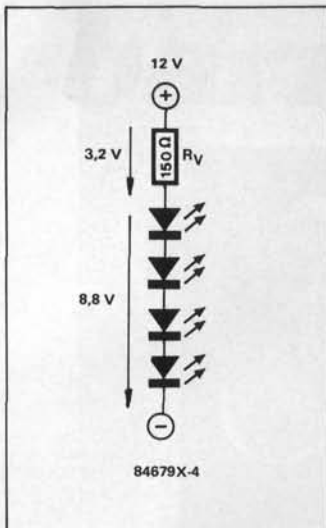


Figure 4 - Les LED sont des composants qu'il est judicieux de monter en série, non seulement pour récupérer l'énergie dissipée autrement par la résistance de limitation, mais aussi pour accroître l'intensité du rayonnement lumineux. Dans ces conditions la valeur de la résistance de limitation doit être adaptée au nombre de LED. Il n'est pas possible de monter des LED en parallèle.

l'intensité atteint jusqu'à 0,1 mA. A quoi vient s'ajouter le fait qu'elle ne supportent guère de tensions inverses de plus de 4 V.

Les LED les plus courantes sont rondes, rouges, jaunes ou vertes et leur diamètre est de 3 ou de 5 mm. Vous en trouverez les caractéristiques reprises dans le tableau. En pratique, nous vous recommandons l'usage de supports spéciaux pour LED, avec ou sans réflecteurs. Au moment de monter vos LED,

vous vous demandez sans doute à chaque fois où est la cathode et où est l'anode. Une chance sur deux de se tromper, c'est beaucoup. Voici donc trois trucs pour s'en souvenir.

**Trois «C» mnémotechniques
Cathode = côté = court**

Souvent la cathode (K) est plus courte (cathode = court), puis le méplat du boîtier de la LED se trouve lui aussi du côté de la cathode (cathode = côté), et enfin par transparence la cathode apparaît distinctement comme plus volumineuse.

Il y a d'autres associations de mots faciles à retenir : cathode = coupé = carré = camus etc

Les LED des afficheurs à sept segments (et un ou deux points) n'ont pas une broche particulière pour chacune de leurs quatorze électrodes.

Selon le type d'afficheur, les 7 anodes ou les 7 cathodes sont reliées à l'une des broches que l'on appelle par conséquent cathode ou anode commune. Il est évident que ces afficheurs ne sont pas interchangeables.

Pour pouvoir remplacer un afficheur à cathode commune par son homologue à anode commune il faut d'abord inverser la polarité de tous les signaux.

Un conseil pour finir : les LED supportent mal un échauffement excessif; ménagez-les, ne soudez ou dessoudez pas les deux broches immédiatement l'une après l'autre, mais laissez leur le temps de refroidir pendant quelques secondes. 84679

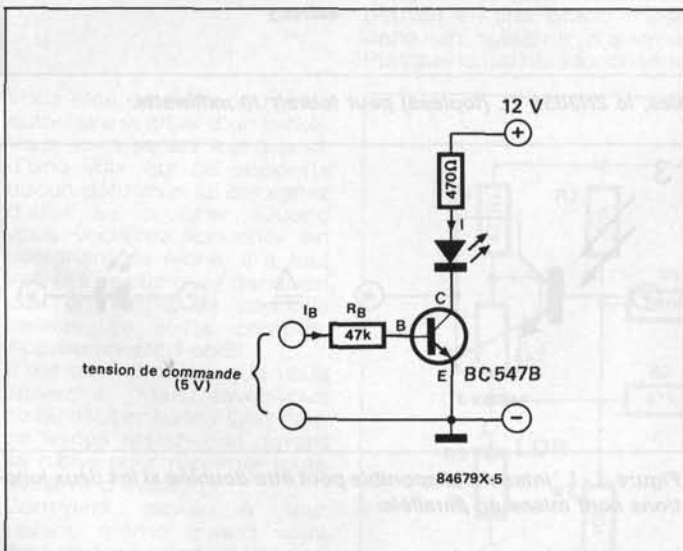


Figure 5 - Le circuit de commande classique de la LED comporte outre sa résistance de limitation un transistor avec sa résistance de limitation du courant de base. Le circuit de commande n'a à fournir qu'un courant d'intensité minuscule pour qu'une (ou plusieurs) LED s'allume(nt).

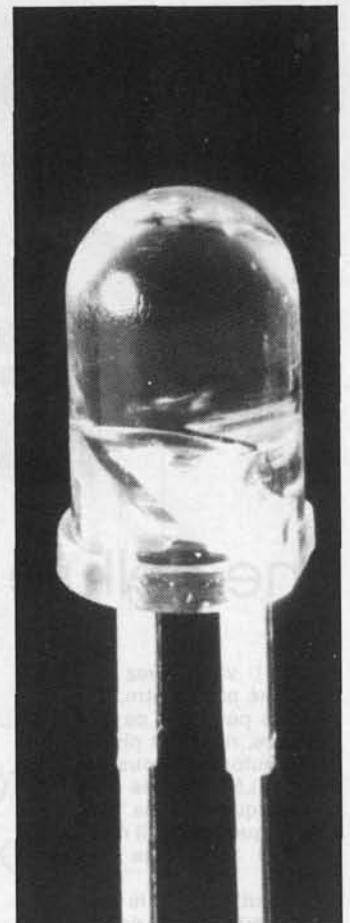
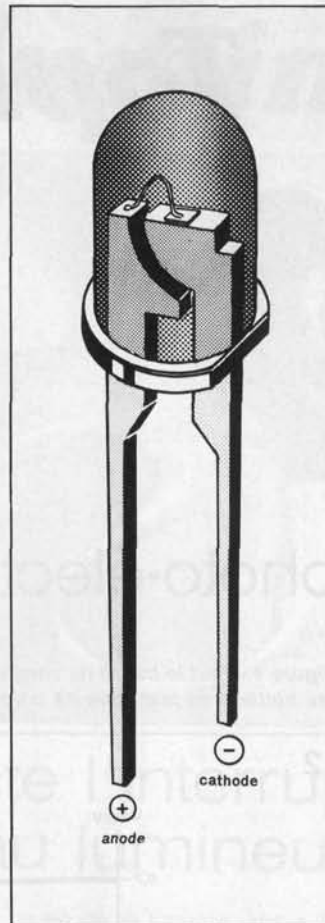
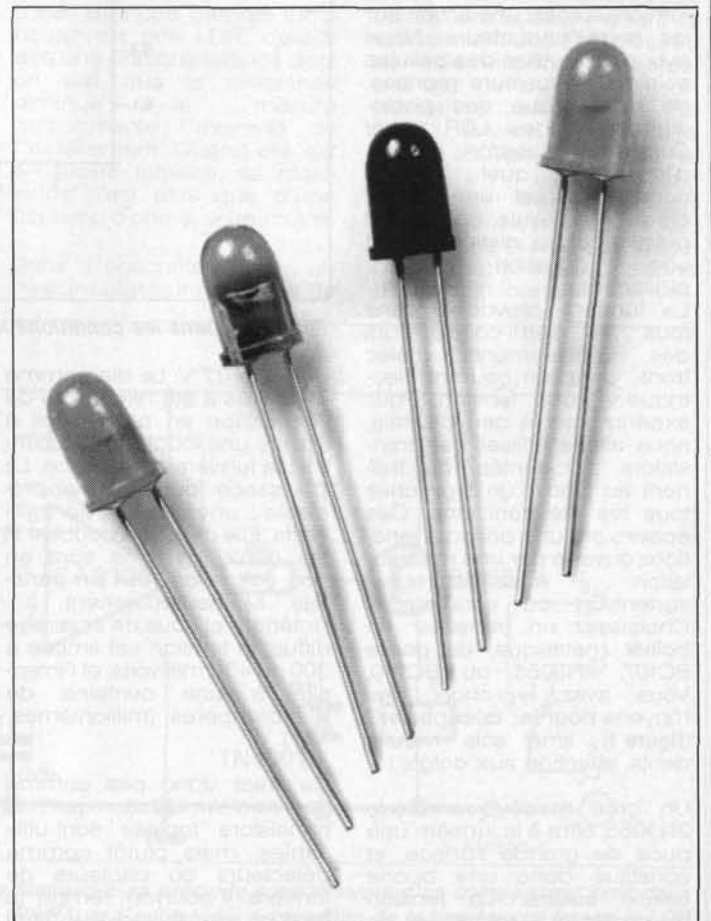


Figure 6 - Par transparence on reconnaît la cathode à son électrode plus massive que celle de l'anode. La broche de la cathode est plus courte et le boîtier est aplati de ce côté là. Une inversion de polarité («juste pour voir») reste sans conséquences à condition que la tension appliquée ne dépasse pas la tension de service normale.



Topless



une cellule photo-électrique à faire soi-même

Ah ah ! vous avez eu l'oeil accroché par ce titre, avouez ! Si vous pensez à ce que nous pensons, regardez plutôt sur la plage autour de vous. La vocation d'ELEX n'a pas changé et s'il est question de mettre les mécaniques à l'air, il ne s'agit ici que de transistors "sans le haut".
Le "haut", c'est le capot du boîtier, qui protège de la lumière le transistor proprement dit, la puce.

Vous avez fait connaissance, dans ce numéro ou avant, avec les LED, ces semi-conducteurs qui émettent de la lumière. En sens inverse, la lumière a aussi une action sur les semi-conducteurs. Nous avons déjà utilisé des cellules solaires à plusieurs reprises, de même que des photodiodes ou des LDR (*Light Dependant Resistor*). En fait, n'importe quel semi-conducteur est une photodiode ou cellule solaire en puissance. La distinction est une question de... puissance.

La lumière provoque dans tous les semi-conducteurs des déplacements d'électrons, donc un courant électrique et une tension. Pour expérimenter à peu de frais, nous allons utiliser ces transistors "accidentés" qui traînent au fond d'un tiroir chez tous les électroniciens. Ces épaves ont une de leurs jonctions ouverte par une manipulation malencontreuse, surtension ou surintensité. Choisissez un transistor en boîtier métallique, du genre BC107, 2N3055 ou BC140. Vous avez le choix des moyens pour le "décapuler" (figure 1) : lime, scie, meule, dents, attention aux doigts !

Un "gros" modèle, comme le 2N3055, offre à la lumière une puce de grande surface, et constitue donc une bonne cellule solaire. La tension maximale qu'il fournit est de

Figure 1 - Tout le travail de construction consiste à retirer le haut du boîtier du transistor. Évidemment, les boîtiers en plastique ne conviennent pas, puisque la puce y est moulée.

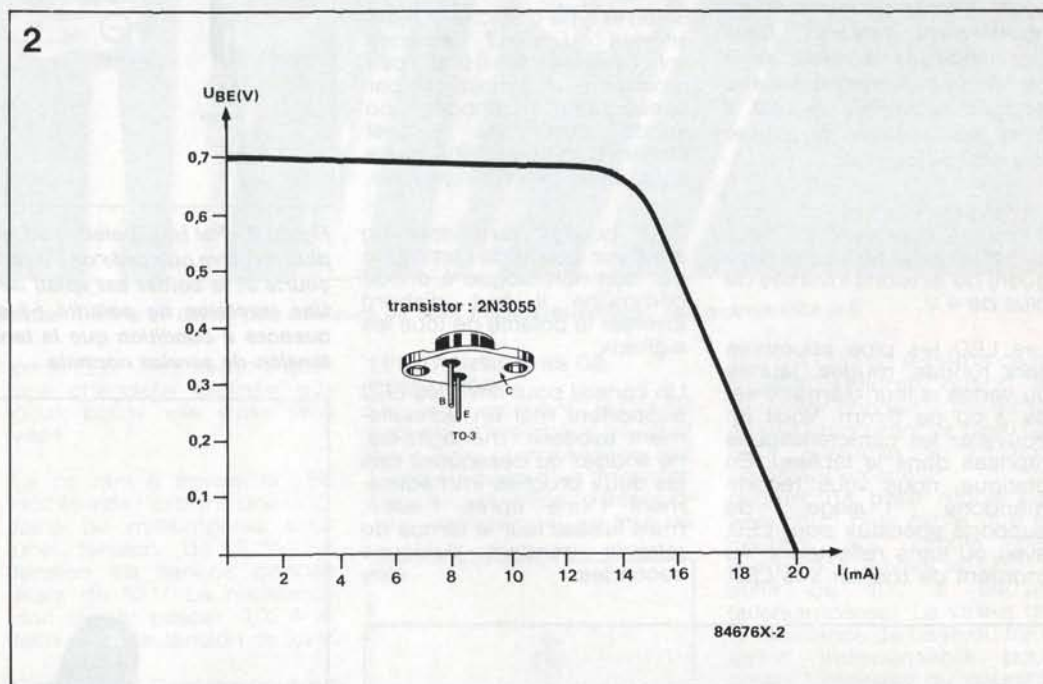


Figure 2 - Dans les conditions idéales, le 2N3055 TL (topless) peut fournir 10 milliwatts.

quelque 0,7 V. Le diagramme ci-dessus a été relevé lors de l'exposition en plein soleil à travers une loupe qui concentrait la lumière sur la puce. La puissance fournie est appréciable : une dizaine de milliwatts. Elle peut être doublée si les deux jonctions sont en bon état et câblées en parallèle. Malheureusement, à l'intérieur et sous un éclairage diffus, la tension est limitée à 300 ou 400 millivolts, et l'intensité à une centaine de microampères (millionièmes, 10^{-6}).

Ce n'est donc pas comme source d'alimentation que nos transistors "topless" sont utilisables, mais plutôt comme détecteurs ou capteurs de lumière. Ils pourront remplir la fonction de photodiode dans

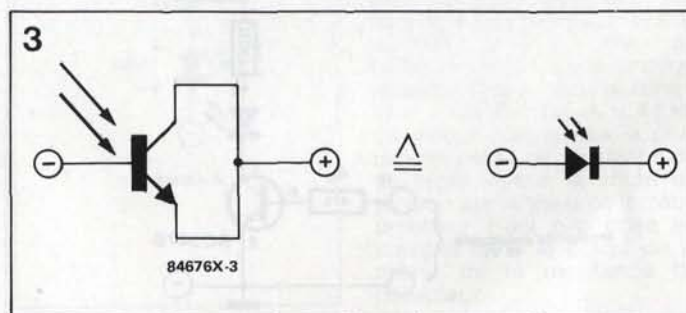
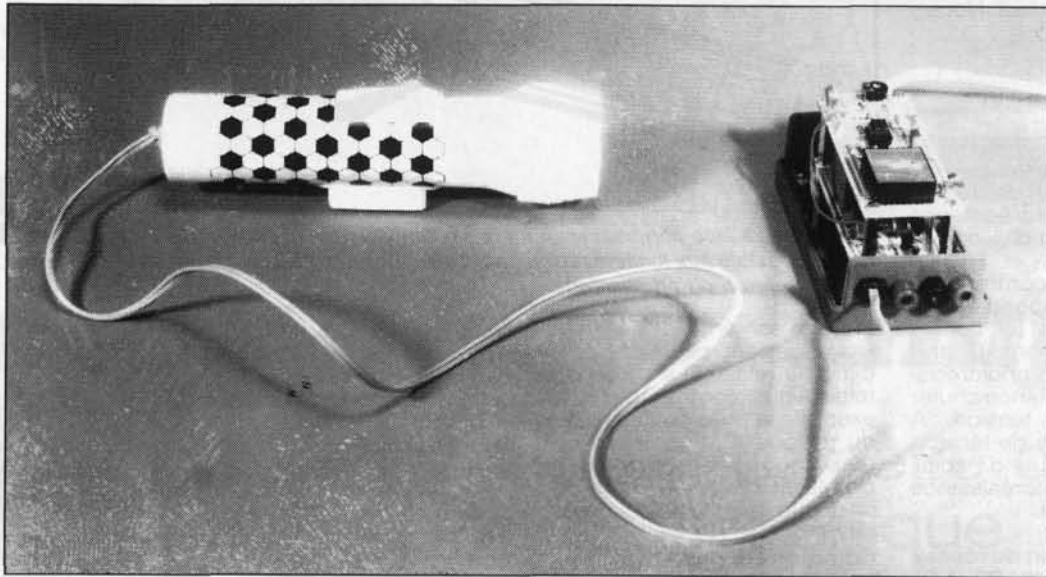


Figure 3 - L'intensité disponible peut être doublée si les deux jonctions sont mises en parallèle.

la plupart des montages qui ne réclament pas de caractéristiques précises. La figure 3 représente le schéma équivalent de notre transistor et celui de la photodiode qu'il remplace.

Un transistor en état de marche décapulé constitue un phototransistor si le collecteur et l'émetteur ne sont pas court-circuités. La base, reste utilisable comme électrode de commande normale. 84676

barrière lumineuse



Une LDR détecte l'interruption d'un faisceau lumineux

A l'heure où l'on parvient, à l'aide de techniques de pointe, à obtenir des résultats étonnants en matière de reconnaissance et d'analyse automatiques d'images, à l'heure précisément où les ordinateurs commencent à voir pour de bon, l'oeil électrique ou la cellule photo-électrique comme on dit, ont largement pénétré dans les techniques courantes : détecteur de fin de course, détecteur de passage, compteurs de pièces, etc. Ce dispositif cybernétique autrefois symbole de modernisme est aujourd'hui définitivement passé dans les moeurs.

Vous êtes peut-être le maître autoritaire et cruel d'un teckel. Vous vous sentez fort quand, d'une voix qui ne supporte aucun défi, vous lui enjoignez d'aller se coucher. Quand vous vociférez « couché » en désignant sa niche, il a tout intérêt à se planquer dans son abri en forme de corbeille tressée, ça il l'a compris. Apparemment il obéit. C'est du moins ce que vous croyez... Mais savez-vous ce qu'il fait ensuite ? Combien de temps restez-vous devant sa niche pour réprimer toute tentative d'évasion ? Comment savoir à tout instant, même quand vous avez le dos tourné, si le sournois animal ne prend pas la tangente ? En un mot, comment surveiller efficacement un teckel ? Une barrière optique, comme à la porte des ascenseurs ? Mais oui, voilà la solution !

Obéir au doigt et à la LDR

Si votre chien n'est pas un teckel mais un dogue danois ou un chihuahua, si vous n'avez pas de chien mais un chimpanzé, si vous êtes plutôt dresseur de puces, que vous soyez facteur dans le Cantal ou content de ne pas l'être, peu importe : ce montage peut vous servir. Pour commander par exemple l'éclairage de la cage d'escalier ou... A vous de voir !

Avertissement : Ne vous imaginez pas toutefois pouvoir en tirer grand chose dans un système d'alarme. Puisque la barrière fonctionne

avec de la lumière visible (et non avec un rayonnement invisible, par exemple l'infrarouge), il est trop facile de la repérer, puis de la franchir en éclairant tout bêtement « l'oeil électrique » avec le faisceau d'une lampe de poche.

L'oeil de notre barrière lumineuse est une LDR, c'est-à-dire une photorésistance dont on sait que la résistance diminue à mesure qu'augmente l'intensité de l'éclairage. Quand elle est en pleine lumière, sa résistance n'est plus que d'une centaine d'ohms, voire moins.

Dans l'obscurité totale, on mesure plusieurs dizaines de

mégohms (le problème c'est quand même que dans le noir on n'y voit rien).

Ce qui nous intéresse, ce sont des conditions d'utilisation moins extrêmes. C'est pourquoi nous avons, à l'aide d'un multimètre numérique (un bon multimètre analogique fait l'affaire aussi), mesuré la résistance d'une LDR éclairée normalement dans une pièce, pas trop loin de la fenêtre. La résistance relevée est de 500 Ω environ. Puis nous avons couvert la LDR de la main en essayant de l'obscurcir au mieux : la résistance est passée à 5 k Ω . On voit que la plage est vaste, même dans des conditions d'utilisation banales. On veill-

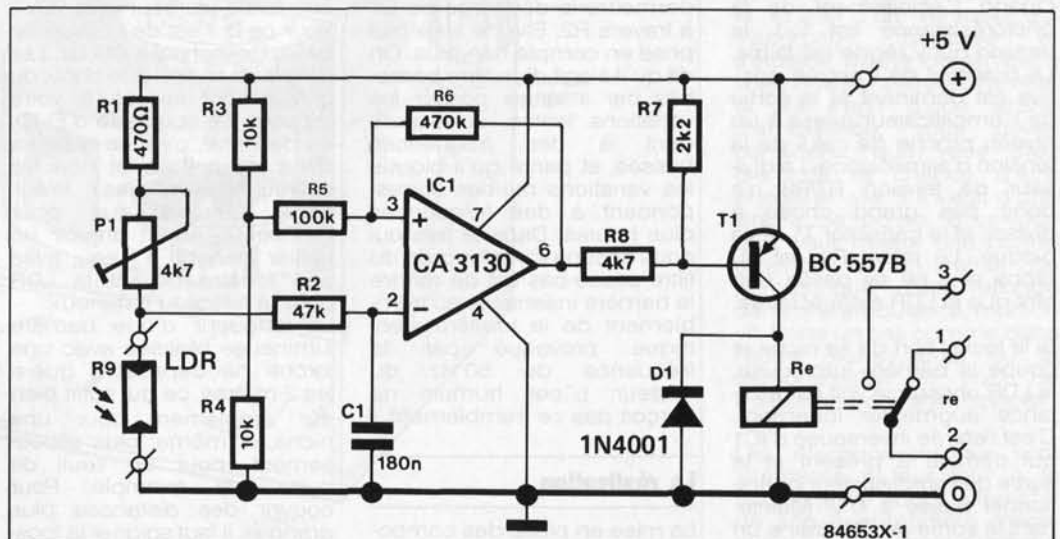


Figure 1 - Le schéma de la barrière lumineuse se présente sous la forme d'un comparateur avec deux diviseurs de tension ; l'un est fixe (R3/R4) et l'autre varie en fonction de la lumière qui frappe la LDR (R9/P1/R1).

lera néanmoins à empêcher dans la barrière lumineuse l'exposition directe de la LDR au rayons du soleil, non pas qu'elle risque d'en souffrir, mais la barrière ne fonctionnerait plus comme il faut. Nous y reviendrons.

Le circuit

Sur le schéma de la **figure 1** il n'est pas difficile de reconnaître que la photorésistance R9 est montée en diviseur de tension avec P1 et R1. La tension au point commun de R9 et de P1 dépend de la résistance de R9 et par conséquent de la lumière. Quand celle-ci est vive, la photorésistance voit sa résistance chuter et avec elle la tension. A l'inverse, la chute de tension sur R9 est faible quand l'éclairement de la photorésistance est faible lui aussi.

Faisons abstraction du réseau de filtrage formé par R2 et C1 et considérons provisoirement que la tension du diviseur est appliquée telle quelle à la broche 2 (entrée -) de l'amplificateur opérationnel IC1. Celui-ci est monté en comparateur. A son entrée positive (broche 3) on trouve un diviseur de tension fixe (R3/R4) qui lui fournit sa tension de référence pour la comparaison. La symétrie du diviseur porte la valeur de la tension appliquée à IC1 à travers R5 à la moitié du potentiel d'alimentation.

On remarque que la résistance R6 établit un circuit de réaction entre la sortie de l'amplificateur opérationnel (broche 6) et l'entrée positive (broche 3). Non seulement il n'y a donc pas d'inversion entre tension d'entrée et tension de sortie, mais il y a en plus une amplification de toute variation de la tension de sortie.

Quand l'éclairement de la photorésistance est fort, la tension qui y règne est faible. Le potentiel de l'entrée positive est dominant et la sortie de l'amplificateur passe à un niveau proche de celui de la tension d'alimentation. Le diviseur de tension R7/R8 n'a donc pas grand chose à diviser, et le transistor T1 reste bloqué. Le relais Re est au repos et il ne se passe rien tant que la LDR reste éclairée.

Si le teckel sort de sa niche et coupe la barrière lumineuse, la LDR obscurcie voit sa résistance augmenter fortement. C'est l'entrée inverseuse de IC1 qui domine à présent et la sortie de l'amplificateur opérationnel passe à 0V. Maintenant la sortie de IC1 draine un courant qui circule à travers R7 et R8. Du fait de la chute de tension sur R7, la tension de base de T1 est inférieure à

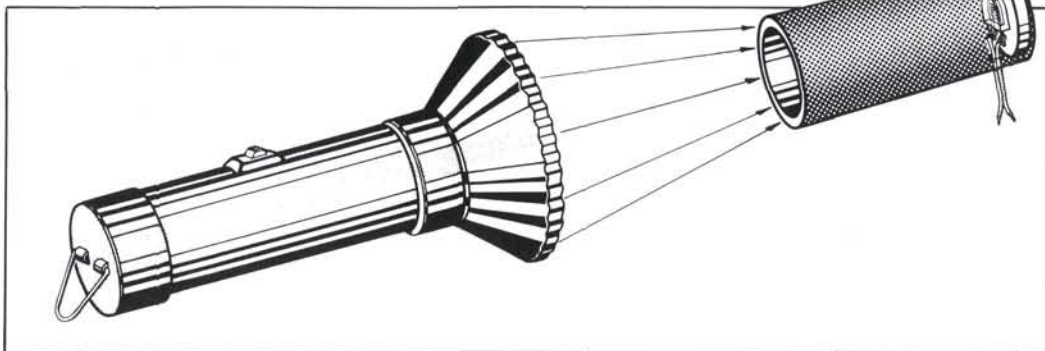


Figure 2 - La face photosensible de la photorésistance (c'est celle qui est striée) doit être exposée le moins possible aux lumières parasites. C'est pourquoi nous suggérons de monter la LDR au fond d'un tube en carton ou en plastique.

celle de son émetteur; le transistor devient conducteur et excite le relais. Si à l'aide du relais vous commandez par exemple la mise sous tension du dispositif d'électrification du sol que vous avez pris soin de placer devant la niche du chien, le résultat ne se fera pas attendre. Kai kai kai... Comme indiqué ci-dessus, ceci n'est qu'un exemple d'application de la barrière lumineuse. Votre sadisme (mais si, faites-un effort, un moment de honte est si vite passé) ne manquera pas de vous en inspirer d'autres.

La diode D1 étouffe (argh !) les courants induits dans la bobine du relais et les empêche de détruire le pauvre T1 qui n'a justement fait de mal à personne. Quant au réseau passe-bas R2/C1 que nous avons déjà évoqué, il supprime les effets parasites des fluctuations de la lumière ambiante en introduisant un certain retard dans la transmission du signal de la LDR à l'amplificateur opérationnel : si la montée en tension aux bornes de R9 est un parasite de courte durée, cette tension n'aura pas le temps de charger C1 à travers R2 et ne sera pas prise en compte. Inversement, une passagère baisse de tension sur R9 n'aura pas le temps de permettre la décharge de C1 à travers R2. Elle ne sera pas prise en compte non plus. On dit qu'il s'agit d'un filtre passe-bas car il laisse passer les variations lentes, correspondant à des fréquences basses, et parce qu'il bloque les variations rapides correspondant à des fréquences plus hautes. Dans le cas qui nous occupe ici, la fonction du filtre passe-bas est de rendre la barrière insensible au tremblement de la lumière électrique provoqué par la fréquence de 50 Hz du secteur. L'oeil humain ne perçoit pas ce tremblement.

La réalisation

La mise en place des composants sur un morceau de platine d'expérimentation de format 1 sera effectuée conformément aux indications de la

figure 3. La source de lumière pourra être tout simplement une lampe de poche ou une torche électrique. Plus on en focalisera la lumière, mieux cela vaudra. Pour augmenter la sélectivité de la LDR, à l'extérieur notamment, on la placera au fond d'un tube de plastique ou de carton, de façon à supprimer les lumières parasites. Plus ce tuyau sera long, plus la sélectivité (directivité) sera grande. L'utilisation d'une lentille convergente et d'une ampoule halogène contribue à améliorer les performances de la barrière lumineuse.

L'alimentation du circuit pourra être assurée par un circuit standard comme ceux que nous avons publiés dans ELEX. Avec un circuit de 5 V/500 mA par exemple, on pourra alimenter en même temps la source de lumière (ampoule de 6 V) et faire ainsi l'économie de piles.

Le réglage de P1 est facile à faire. On commence par en mettre le curseur à mi-course. Si le circuit fonctionne, on pourra considérer le réglage comme achevé. Sinon il faut rechercher pour le curseur de P1 la position dans laquelle la barrière détecte l'interruption du faisceau de lumière. Plus la lumière ambiante est forte, plus la résistance de P1 devra être faible (curseur vers R9). Pour ce qui est de la mise en boîte, l'essentiel a été dit. Les détails de finition et le choix du boîtier sont laissés à votre initiative. La spécialité d'ELEX en définitive, c'est ce qu'il y a dans les coffrets et non les coffrets eux-mêmes ! Précisons toutefois que pour l'extérieur, il faut prévoir un boîtier étanche à l'eau, avec une fenêtre devant la LDR pour le faisceau lumineux. La longueur d'une barrière lumineuse réalisée avec une torche ne dépassera guère les 2 mètres, ce qui suffit bien sûr amplement pour une niche, et même, plus sérieusement, pour un seuil de porte par exemple. Pour couvrir des distances plus grandes, il faut soigner la focalisation et la puissance du faisceau lumineux.

LISTE DES COMPOSANTS

R1 = 470 Ω
R2 = 47 kΩ
R3,R4 = 10 kΩ
R5 = 100 kΩ
R6 = 470 kΩ
R7 = 2,2 kΩ
R8 = 4,7 kΩ
R9 = LDR05
P1 = 4,7 kΩ (5 kΩ) var.

C1 = 180 nF
D1 = 1N4001
T1 = BC557B
IC1 = CA3130 c'est la puce qui surveille le teckel!

Divers :

Re = relais 5 V ou 6 V
platine d'expérimentation de format 1
lampe de poche, cylindre de plastique, lentille, carton, colle...

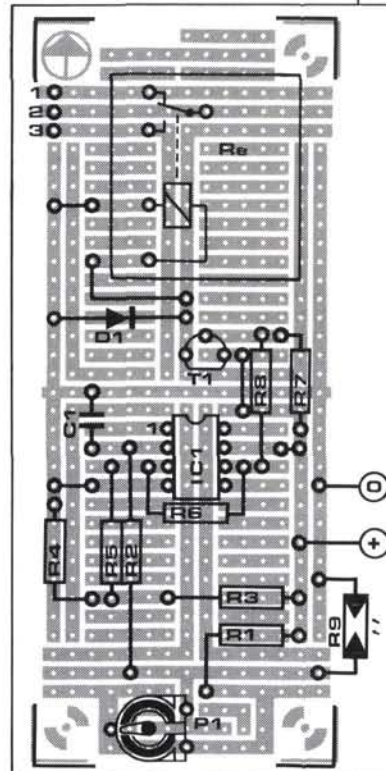
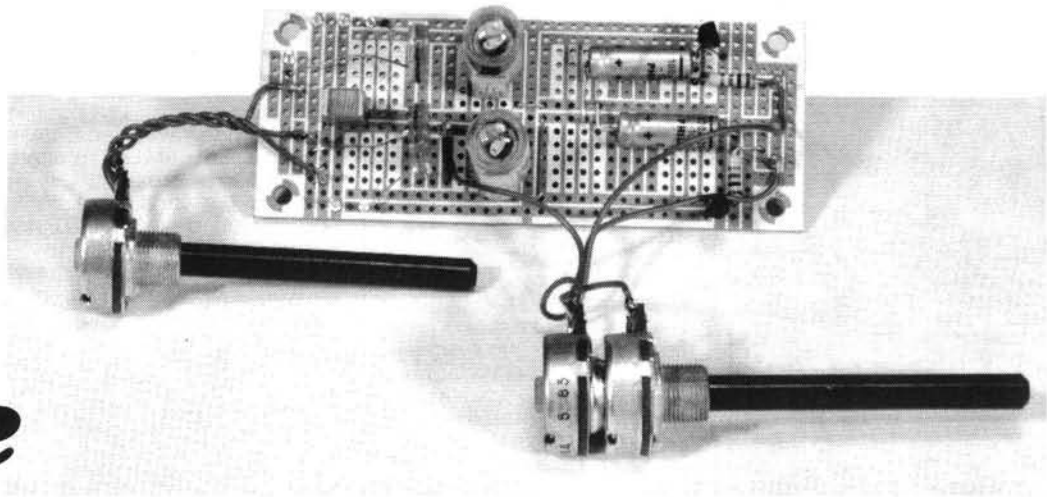


Figure 3 - Plan d'implantation des composants de la barrière lumineuse sur une platine d'expérimentation ELEX de format 1.

Il n'y a pas si longtemps trônait au milieu de la sono des orgues ou pianos électriques un gros meuble appelé cabine leslie. Cet appareil servait à enrichir le timbre ingrat de ces instruments. Nous ne prétendons pas, avec le modeste circuit présenté ici, égaler les perfor-



leslie électronique simple

mances d'une vraie cabine leslie avec tambour rotatif telle qu'on n'en trouve plus que rarement aujourd'hui sur les scènes disco. Sa fonction est de distribuer modestement un signal mono, par exemple le signal d'un instrument de musique, alternativement et à une vitesse réglable, sur les voies gauche et droite d'une installation stéréo.

un double potentiomètre de volume opto-électronique

Pédale *wha-wha*, chambre de réverbération et d'écho, ressorts montés sur les HP des ondes Martenot, et cabine leslie ou lesley, voilà quelques-uns des procédés inventés pour animer, c'est-à-dire donner une âme, aux timbres pseudo instrumentaux produits à l'aide d'oscillateurs électriques. Aujourd'hui que l'on ne jure que par le sampling (qui n'a rien à voir avec la Charlotte

remplie du même çon), les cosmétiques électro-acoustiques (masquage oblige) n'ont d'ailleurs rien perdu de leur actualité car il subsiste dans les timbres des instruments numériques une raideur, un manque d'allure, une odeur de formol. Cruelle absence de ce supplément d'âme qui fait la différence entre une statue de cire du musée Grévin et son modèle en chair et en os.

L'effet Doppler et la cabine Leslie

La cabine leslie (du nom de son inventeur Charles Pantaleón Lesley) souffre d'un inconvénient qui a bridé sa carrière : elle est encombrante et fragile. Vous imaginez sans difficulté que faire tourner à une vitesse comprise entre 1 et 8 tours/minute, un haut-parleur surtout quand c'est un modèle pour fréquences

graves, donc volumineux, ce n'est pas de la jarre, comme disait le Jean-Michel à sa Charlotte. Les mécaniciens ont amélioré-simplifié le système leslie en installant le HP à demeure sous un tambour rotatif comme le montre le croquis. Mécanique bruyante...

L'effet à obtenir est celui d'une source sonore qui se déplace par rapport à un auditeur immobile, ou qui se déplace éventuellement lui-même mais à une autre vitesse et surtout dans une autre direction que celle de la source. Cet effet connu sous le nom d'effet Doppler est à la base du principe de fonctionnement des radars, mais on le perçoit nettement à l'oreille quand on écoute par exemple la sirène d'un véhicule qui s'approche, dépasse et s'éloigne. Si une fois arrivée à votre niveau la sirène s'arrête, et s'il s'agit d'une sirène d'ambulance, vous devez considérer que vous avez bien de la chance d'être encore en vie. S'il s'agit d'une sirène de police, dites-vous qu'il vaut mieux une bonne amende et un retrait de permis que d'être allongé dans une ambulance, mort ou vif. Dans un cas comme dans l'autre, vous aurez eu la démonstration *in vivo* de l'existence de l'effet Doppler.

Les électroniciens se sont intéressés à leur tour à la cabine leslie pour l'affranchir de son encombrante mécanique, en s'efforçant d'imiter à l'aide de moyens simples l'effet très complexe d'une source sonore mobile.

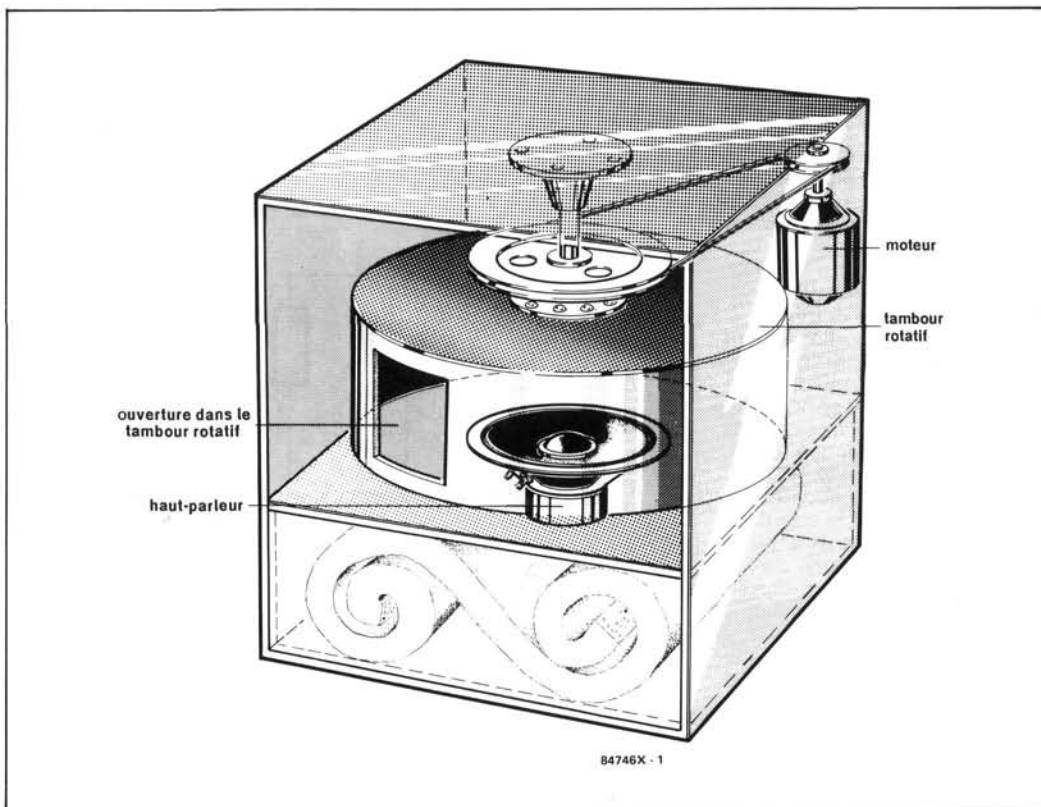


Figure 1 - Esquisse d'une cabine Leslie à tambour rotatif.

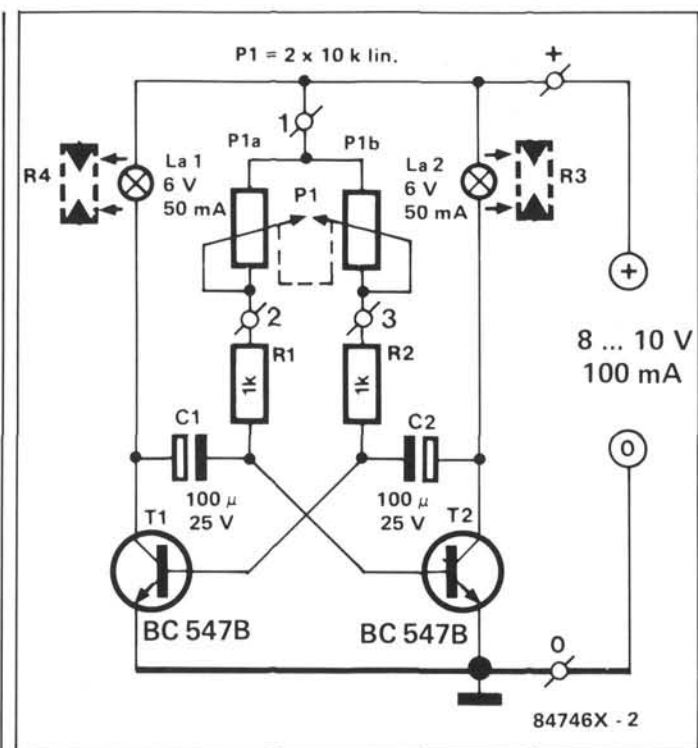


Figure 2 - Dans un leslie électronique, le moteur électronique est remplacé par un multivibrateur astable. Celui-ci commande alternativement deux petites ampoules, lesquelles éclairent chacune une LDR qui agit elle-même en atténuateur sur le parcours du signal.

Un multivibrateur commande deux lampes

Dans la catégorie "plus ou moins simple", le circuit présenté ici fait figure de circuit très simple puisqu'il ne comporte pas plus de 13 composants. C'est il est vrai un circuit qui se contente de distribuer un signal mono entre deux voies stéréo, en ouvrant le volume d'un canal tandis qu'il se ferme progressivement sur l'autre, et inversement. La vitesse de rotation d'une voie à l'autre est réglable à l'aide d'un potentiomètre. Il s'agit d'un circuit simple, car de l'effet complexe obtenu avec un haut-parleur tournant, il ne retient que la variation d'amplitude (volume, niveau sonore) du signal, mais néglige totalement l'effet de cette rotation sur le timbre et la hauteur du son perçu.

Sur le schéma de la figure 2 vous reconnaissez sans doute une disposition de composants qui vous est familière : deux transistors dos à dos, la base de l'un prise dans le circuit de collecteur de l'autre. Cela s'appelle un multivibrateur astable. Hein ?

Et le lesley électronique, il est où là-dedans ? Pas d'entrée, pas de sortie pour le signal. On s'est trompé de schéma ou quoi ?

Que voyez-vous sur la figure 3 ? Le signal basse-fréquence à faire passer dans le lesley est appliqué à C3 que ne traverse que la composante alternative avant d'arriver sur le curseur de P2.

Celui-ci se comporte en aiguillage-tampon entre les canaux gauche et droite. Quand le curseur est au milieu, le signal est distribué symétriquement entre les deux voies. La variation de niveau est obtenue à l'aide des deux photorésistances R4 et R5. On sait qu'une telle LDR est un composant résistif sensible à la lumière. Quand il est vivement éclairé, sa résistance chute fortement à quelques centaines voire dizaines d'ohms; quand il est plongé dans l'obscurité, au contraire, sa résistance augmente fortement jusqu'à atteindre plusieurs millions d'ohms. Entre ces deux extrêmes, la résistance d'une LDR suit la progression de la luminosité ambiante.

Deux diviseurs de tension variables en opposition de phase

La deuxième partie de la figure 3 montre comment le circuit fonctionne : nous sommes en présence de deux diviseurs de tension que forment chacune des deux LDR et la résistance (P2a et P2b, elles sont imaginaires) entre le curseur et le segment de piste de P2 relié à cette LDR. Plus la résistance de R3 ou R4 est faible, plus il circule de courant à travers elles, et plus le signal distribué sur la voie gauche (G) ou droite (D) correspondante sera atténué en raison de la chute de tension proportionnelle à l'intensité du courant; au contraire, plus la résistance de R3 ou R4 augmente, plus l'amplitude du signal sera de courant à travers les LDR.

Le circuit de la figure 2 commande avec ses deux lampes La1 et La2 placées chacune à proximité d'une des LDR la variation alternée du niveau de signal sur les voies G et D.

Si nous revenons au multivibrateur astable de la figure 2, nous constaterons que les ampoules sont aussi les résistances de collecteur de T1 et T2. Elles s'allument tour à tour à un rythme que P1 permet de régler entre 1 Hz et 8 Hz environ. Non seulement les LED s'allument et s'éteignent l'une après l'autre, mais elles le font assez progressivement. Le diagramme de la figure 4 montre comment la résistance de R3 suit l'éclairement de R4 celui de La2; la résistance de R4 celui de La1 et la résistance de R2; les deux dernières lignes du diagramme montrent l'alternance des variations d'amplitude du signal injecté sur les deux voies G et D. Ce va-et-vient reproduit de façon surprenante l'effet de la cabine lesley. Son plus grand défaut est de ne pas agir par

filtrage sur le timbre du signal, ce qui demanderait un circuit sensiblement plus complexe. Comme il est là, il est d'une simplicité telle qu'on ne peut pas résister à le construire, ne serait-ce que pour voir ce que ça donne...

Essayez, ça vaut le coup !

Le plan d'implantation de la figure 5 confirme la simplicité de ce circuit. La polarité des transistors et celle des deux condensateurs doit être respectée, le sens des autres composants importe peu. Les LDR et les ampoules pourront également être montées en dehors de la platine, par exemple dans de petits tubes de carton. Ce qui importe, c'est que l'écart entre ampoule et LDR soit réduit au minimum (elles peuvent se toucher) et que les deux optocoupleurs ainsi n'interfèrent pas : la lumière émise par l'ampoule de l'un ne doit pas agir sur la LDR de l'autre. De la même façon, il faut éviter que les variations de la

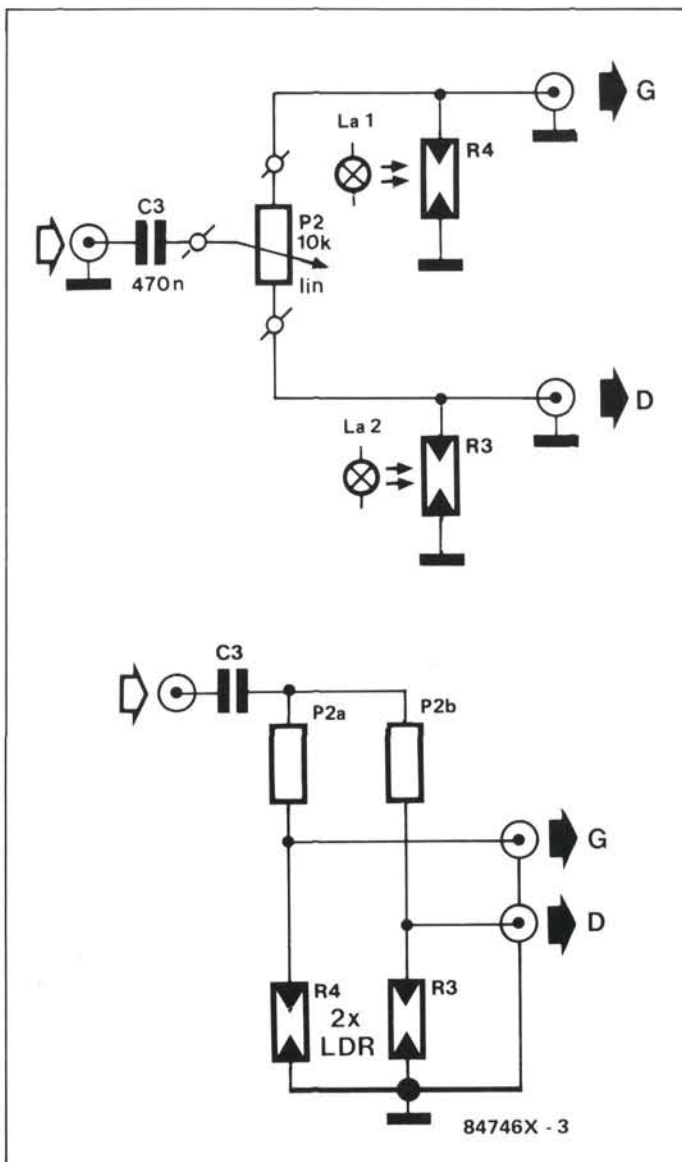


Figure 3 - Le signal ne traverse pas les LDR. Celles-ci sont montées en atténuateur variable avec les deux moitiés de la piste d'un potentiomètre dont le curseur permet de régler la symétrie entre les voies gauche et droite.

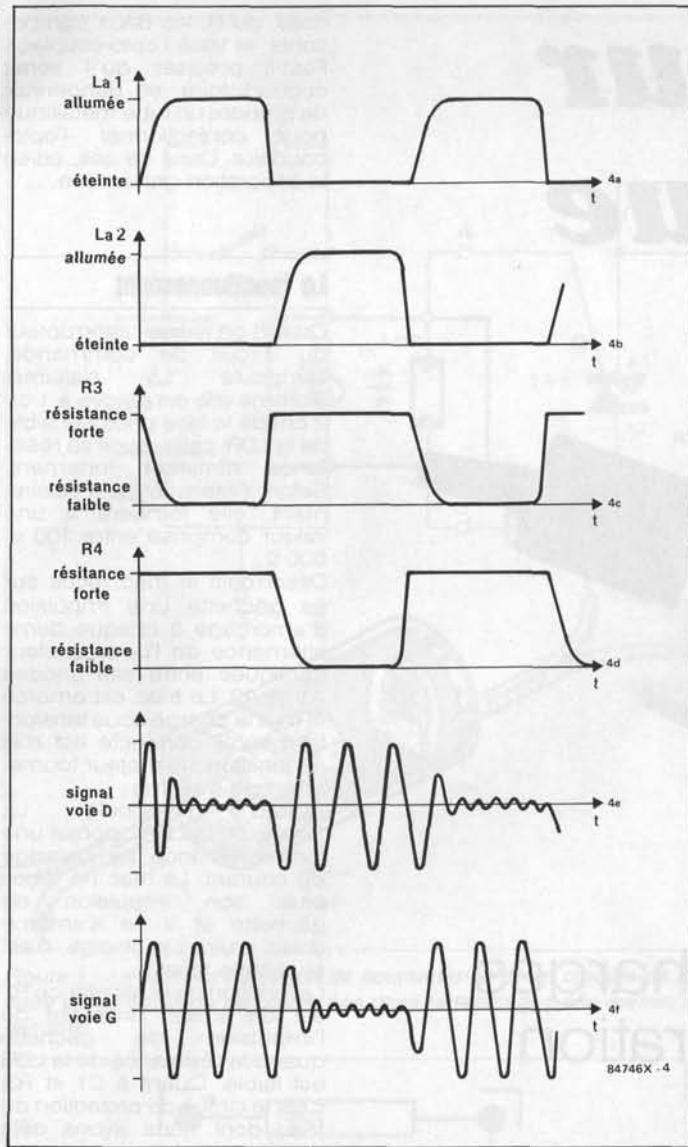


Figure 4 - Chronogramme des signaux qui commandent l'atténuation alternativement sur la voie gauche et la voie droite. On voit que pour imiter au mieux l'effet de rotation, les attaques et les extinctions sont progressives (flancs arrondis).

lumière ambiante ne viennent fausser le système. Le tremblement de 50 Hz de l'éclairage électrique n'est pas perçu par nos yeux humains, mais les LDR, elles, y sont sensibles. Résultat : un ronflement parasite, de faible amplitude toutefois, sera superposé au signal BF si vous n'isolez pas les opto-coupleurs de l'extérieur.

Si vous avez du mal à comprendre comment câbler P1, examinez le schéma de la figure 6 et tout deviendra lumineux.

Pour les premiers essais, une pile de 9 V fera l'affaire provisoirement; une fois que tout sera prêt pour une utilisation durable, il faudra y substituer une source de courant sous 8 à 10 V capable de fournir la bonne centaine de milliam-pères que consomme le circuit. Celui-ci aurait tôt fait de venir à bout des ressources d'une pile. Il est recommandé de prélever cette tension sur l'appareil avec lequel on utilise le leslie. On peut se

passer de P2 au début, mais pas de P1. Dès la mise sous tension, les ampoules doivent s'allumer à tour de rôle. Si elles ne le font pas, il faut vérifier les soudures, le câblage, les composants...

Quand le curseur de P1 est en fin de course d'un côté, la fréquence des alternances G/D doit être de l'ordre de 1 Hz (une fois par seconde environ) et de 8 Hz quand le curseur est à l'autre bout (environ huit fois par seconde). Le niveau des signaux appliqués à l'appareil doit être tel qu'il supporte un traitement passif (il n'y a ni amplification ni remise à niveau du signal dans le leslie). En principe, on le branche entre la source et l'amplificateur de puissance. On peut aussi le mettre sur une sortie pour casque d'écoute. Lorsque le niveau de sortie de la source est faible, il faut intercaler un préamplificateur. A la sortie du leslie, on branche soit deux amplificateurs de puissance,

soit les deux voies d'une installation stéréophonique (à l'entrée TAPE IN ou AUX d'un amplificateur audio par exemple). Il est intéressant de combiner le signal issu du leslie avec le signal direct. En dosant bien le mélange, on obtient un effet d'autant plus perceptible que la transformation subie dans le leslie est en quelque sorte soulignée par le signal direct.

Pour ceux que cela intéresse, signalons encore que l'on peut obtenir des effets inattendus à l'aide d'un magnétophone et d'un ou deux micros que l'on laisse se balancer mollement au bout de leur fil au-dessus de deux haut-parleurs disposés au sol.

84746

LISTE DES COMPOSANTS

R1, R2 = 1 kΩ
 R3, R4 = LDR (par exemple LDR05)
 P1 = 2 x 10 kΩ lin. (stéréo)
 P2 = 10 kΩ lin.
 C1, C2 = 100 μF/25 V
 C3 = 470 nF
 T1, T2 = BC547B

Divers :

La1, La2 = ampoule 6 V/50 mA avec douilles à souder
 20 picots 1,2 mm
 fil de câblage
 1 fiche d'entrée
 2 fiches de sortie

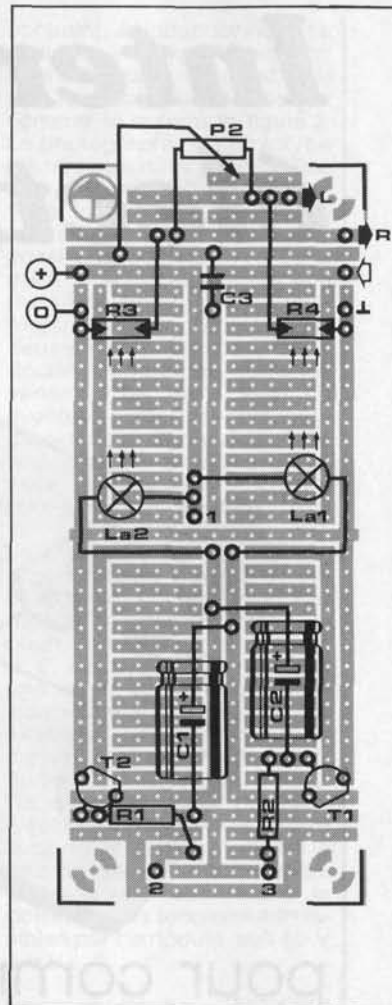


Figure 5 - Les LDR ne sont pas des composants polarisés électriquement, mais elles le sont mécaniquement, si l'on peut dire : elles ne sont photosensibles que d'un seul côté (celui qui porte les rayures). C'est ce côté là qu'il faut tourner vers les ampoules.

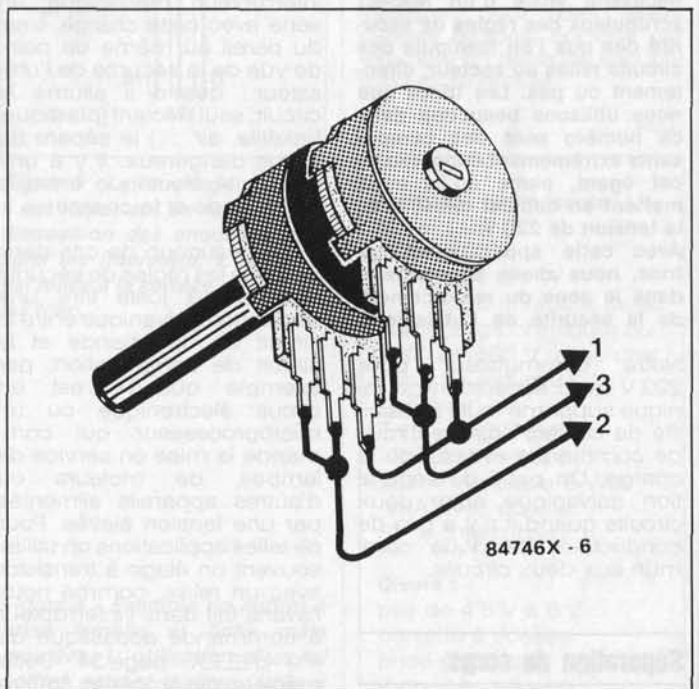
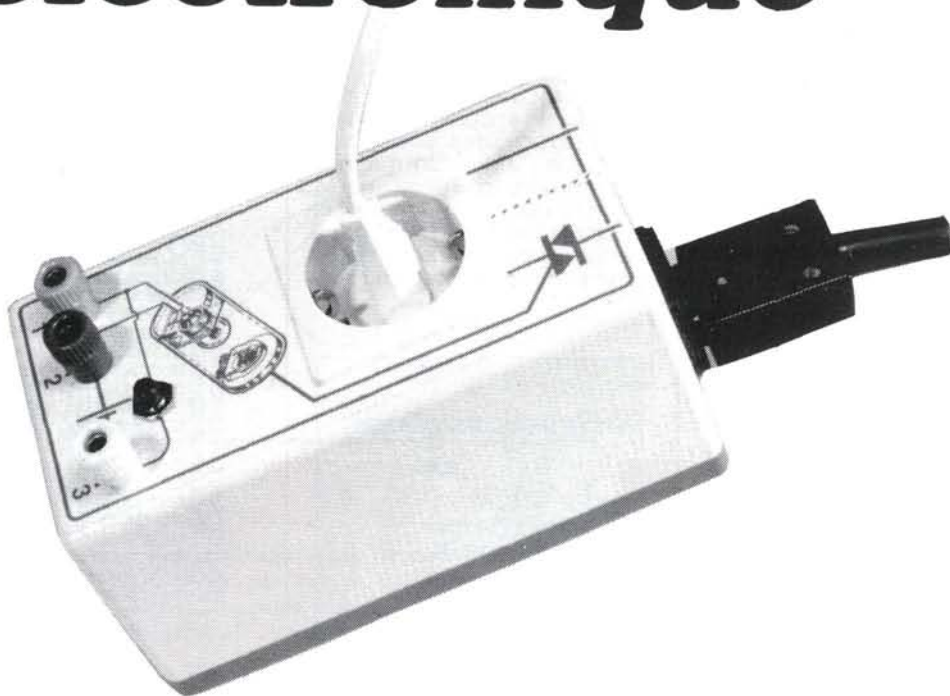


Figure 6 - Plan de câblage du potentiomètre de réglage de la vitesse de rotation du leslie électronique.

Interrupteur électronique



pour commuter des charges sous 220 V avec séparation galvanique

A plusieurs reprises nous avons attiré votre attention sur la nécessité vitale d'un respect scrupuleux des règles de sécurité dès que l'on manipule des circuits reliés au secteur, directement ou pas. Les triacs que nous utilisons beaucoup dans ce numéro sont des composants extrêmement dangereux à cet égard, parce qu'ils nous mettent en contact direct avec la tension de 220 V.

Avec cette application-ci du triac, nous allons au contraire dans le sens du renforcement de la sécurité de l'utilisateur.

Notre commutateur pour 220 V avec séparation galvanique supprime toute possibilité de contact entre le circuit de commande et celui de la charge. On parle de séparation galvanique entre deux circuits quand il n'y a pas de conducteur électrique commun aux deux circuits.

Séparation de corps

Que l'on commutue une charge en commandant la gâchette d'un triac avec un

interrupteur ou un potentiomètre, ou que l'on monte un interrupteur mécanique en série avec cette charge, c'est du pareil au même de point de vue de la sécurité de l'utilisateur : quand il allume le circuit, seul l'isolant (plastique, bakélite, air...) le sépare du circuit dangereux. Il y a une continuité électrique entre la commande et la charge.

Il y a beaucoup de cas dans lesquels les règles de sécurité imposent à juste titre une séparation galvanique entre le circuit de commande et le circuit de commutation; par exemple quand c'est un circuit électronique ou un microprocesseur qui commande la mise en service de lampes, de moteurs ou d'autres appareils alimentés par une tension élevée. Pour de telles applications on utilise souvent un étage à transistor avec un relais, comme nous l'avons fait dans l'interrupteur à commande acoustique du n°9 d'ELEX, page 34. Cette manière de procéder souffre de certains inconvénients sur lesquels nous ne nous étendrons pas ici mais qui sont

suffisants pour que l'on ait cherché une solution de remplacement sous la forme d'un relais électronique.

Voici donc un circuit qui ne s'use pas, ne reste pas bloqué, n'émet pas de parasite (s'il est bien utilisé).

La séparation galvanique est obtenue ici grâce à la lumière, un des procédés les plus fréquemment utilisés. Les signaux de commande sont transmis au circuit de commutation par l'intermédiaire d'un opto-coupleur. Il n'y a aucun conducteur électrique entre le circuit de commande et le circuit de commutation sur le schéma, seule la lumière émise par l'un va frapper l'élément photosensible de l'autre. Il existe pour cela des composants tous faits, avec une LED et un phototransistor dans un boîtier entièrement fermé. Mais nous, l'opto-coupleur nous allons le fabriquer nous-mêmes avec une ampoule et une photorésistance (figure 1). Un peu de carton pour fabriquer le cylindre (ou un tube de rouge à lèvres), un peu de

colle, du fil, les deux composants, et voilà l'opto-coupleur. Faut-il préciser qu'il serait contradictoire et dangereux de prendre un tube métallique pour confectionner l'opto-coupleur. Dans ce cas, adieu la séparation galvanique...

Le fonctionnement

Quand on ferme l'interrupteur du circuit de commande, l'ampoule La s'allume. Comme elle est placée à 1 ou 2 cm de la face photosensible de la LDR, celle-ci voit sa résistance diminuer fortement. Selon l'intensité de l'éclairage, elle tombera à une valeur comprise entre 100 et 600 Ω .

Désormais le triac reçoit sur sa gâchette une impulsion d'amorçage à chaque demi-alternance de l'onde secteur appliquée entre ses anodes A1 et A2. Le triac est amorcé et met la charge sous tension. L'appareil connecté est mis en fonction : le moteur tourne, la lampe s'allume...

Quand l'ampoule La $\frac{1}{4}$ s'éteint, la LDR oppose une forte résistance au passage du courant. Le triac ne reçoit plus son impulsion de gâchette et il ne s'amorce donc plus. La charge n'est plus sous tension.

La fonction de la résistance R2 est de limiter l'intensité de l'impulsion de gâchette quand la résistance de la LDR est faible. Quant à C1 et R3, c'est le circuit de protection du triac dont nous avons déjà parlé au sujet du gradateur.

La réalisation

Dans aucun des autres montages à triac décrits dans ce numéro nous n'avons insisté autant que nous allons le faire maintenant sur un détail de montage du triac. Apparemment l'anode A1 et l'anode A2 d'un triac sont équivalentes. Compte tenu du fait que l'on travaille en alternatif, on pourrait croire que l'on peut sans inconvénient intervertir les deux anodes. Or ce n'est pas le cas, notamment en raison de considérations de sécurité. Il faut veiller à ce que la charge et la gâchette soient du côté de l'anode A2. Ainsi cette anode n'est jamais sous tension que quand une charge est connectée à l'embase 2. Ce détail prend toute son importance quand on se souvient du fait que le radiateur du triac (sa face métallique) est justement relié à A2.

Il faut par ailleurs respecter toutes les règles de sécurité déjà évoquées. Ceci concerne notamment l'écart entre les conducteurs qui nous

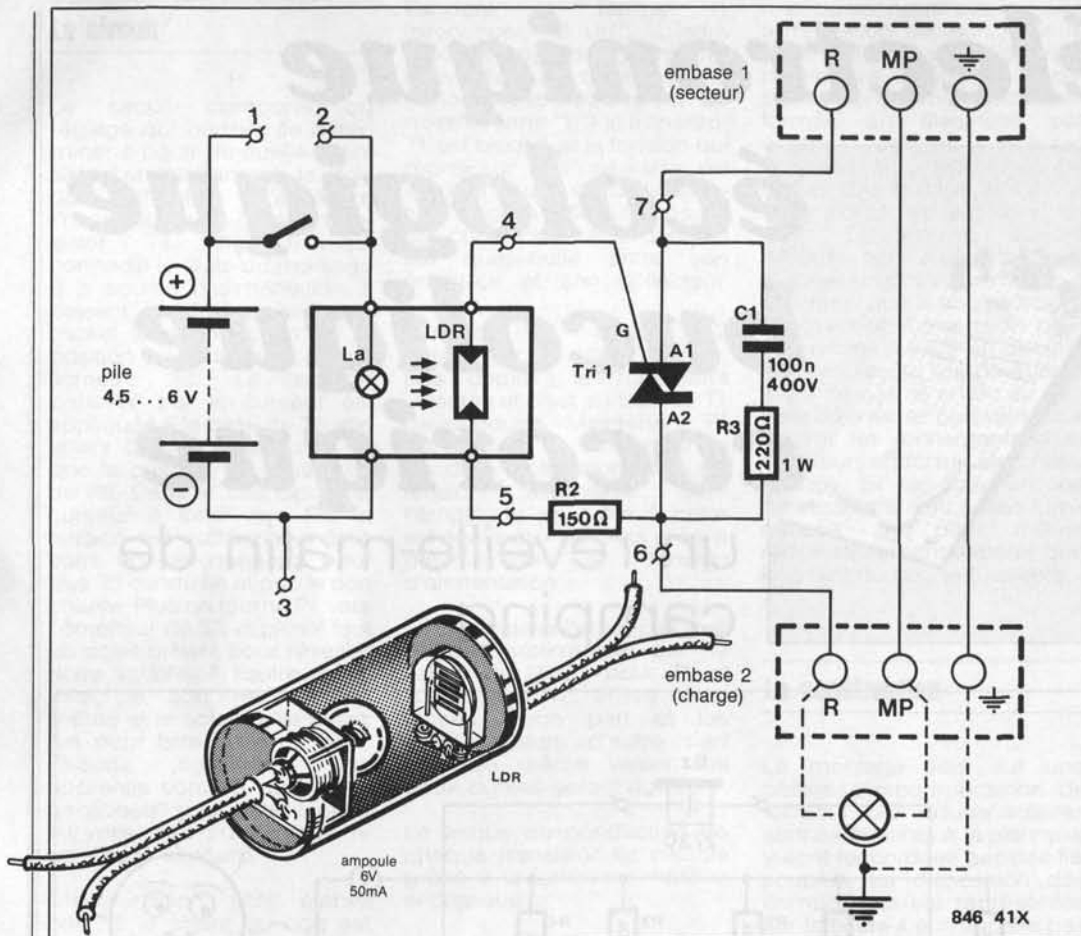


Figure 1 - Le schéma du circuit de commutation et un croquis de l'opto-coupleur révèlent que la difficulté de ce montage ne réside pas dans la technique elle-même, mais dans le respect des règles de sécurité.

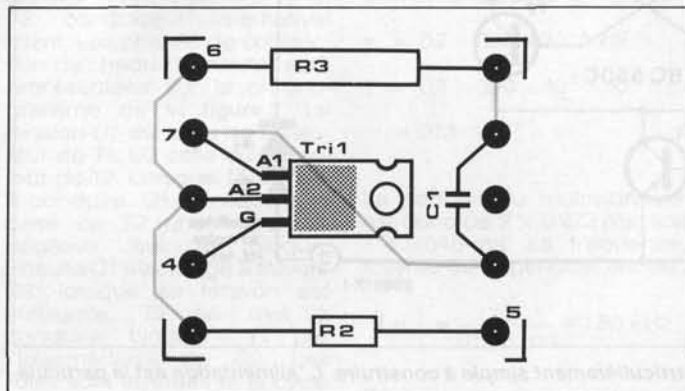


Figure 2 - Les composants ne peuvent en aucun cas être implantés sur une platine d'expérimentation ordinaire, car les écarts minimum entre conducteurs ne pourraient pas être respectés. Nous vous recommandons l'usage d'un morceau de barrette à cosses en bakélite. Ce n'est pas cher, ça ne peut pas rapporter très gros, mais c'est très pratique.

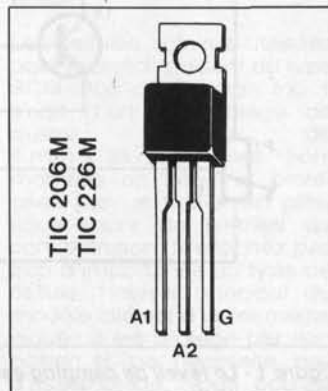


Figure 3 - Le brochage du triac. Il est important de respecter la disposition des anodes 1 et 2 sans les intervertir. L'anode 2 est reliée à la surface métallique du triac.



Figure 4 - Exemple de coffret à prise femelle et fiche mâle moulées. L'utilisation d'un tel coffret permet d'allier l'utile à l'agréable en toute sécurité. L'entrée de commande se fait ici sur une embase mini-jack.

contraint à abandonner les circuits d'expérimentation ordinaires pour nous rabattre sur les barrettes à cosses, comme le montre la figure 2. La photographie du prototype montre que nous avons utilisé une robuste coffret en plastique avec une prise électrique pour la charge. Il existe aussi des coffrets avec fiche mâle et prise femelle moulées, comme celui que montre la photographie d'une deuxième prototype. Deux douilles banane femelles servent d'entrée d'entrée pour un éventuel signal de commande extérieure. Sur le deuxième prototype, nous avons utilisé pour cette entrée une fiche mini-jack.

Le schéma de la figure 1 combine plusieurs modes d'utilisation possibles. L'interrupteur d'abord. Ensuite le court-circuit entre les points 1 et 2, établi par exemple par une relais ou un interrupteur extérieur (contact de porte par exemple). Enfin la tension de commande extérieure, appliquée entre les points 2 et 3. Dans ce cas la pile du relais électronique pourra être supprimée. L'amplitude de la tension de commande extérieure devra rester dans le domaine des tensions admissibles par l'ampoule, soit 4,5 V à 6 V.

Un triac de type TIC206M permet de commander des charges jusqu'à 200 W, tandis qu'un TIC226M permet d'aller jusqu'à 300 W. Pour finir il nous faut attirer votre attention sur un détail capital. L'opto-coupleur ampoule/LDR a une certaine inertie aussi bien à l'allumage qu'à l'extinction. Il ne s'allume ni ne s'éteint instantanément. Il est donc exclu d'utiliser ce relais électronique pour des applications rapides, comme par exemple un relais de sécurité à coupure rapide.

84641

Liste des composants

- R1 = LDR 07
- R2 = 150 Ω
- R3 = 220 Ω/1 W
- C1 = 100 nF/400 V (avec un charge ohmique) ou 100 nF/600 V (avec une charge inductive (moteur))
- Tri1 = TIC206M ou TIC226M (cf texte)
- La1 = ampoule 6 V/50 mA avec douille
- S1 = interrupteur

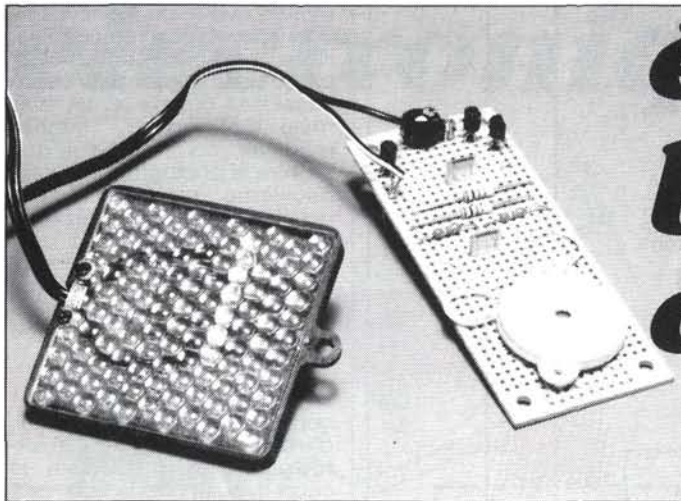
Divers :

- pile de 4,5 V à 6 V
- barrette à cosses
- prise électrique
- 2 douilles banane
- fil de câblage

Coq électronique

écologique bucolique cocoriquette

un réveille-matin de camping



Le coq du village, un coq au vin, un jeune coq, des mollets de coq, comme un coq en pâte, poids coq, coq de bruyère... Pas trace de coq électronique dans les dictionnaires courants !

Le coq électronique que nous vous proposons est une sorte de réveil pour campeurs; pour les campeurs qui veulent se réveiller à l'aube même quand il n'y a pas de coq dans les parages. Notre réveil ne chante pas exactement comme un vrai coq, mais il chante au lever du jour comme un vrai coq est censé le faire; il commence à vivre avec la rosée du matin, quand le soleil apparaît à l'horizon.

Voilà pour l'électronique, mais l'écologique ? (En passant : avez-vous vu les résultats des Verts aux élections européennes ?) Eh bien, il s'agit de l'alimentation du circuit. Notre coq ne s'alimente pas avec une centrale nucléaire, ni avec une pile, ni même avec du grain ou des vers de terre. Il s'agit d'un coq solaire, qui utilise cette énergie gratuite, renouvelable, présente partout, propre... Mais la campagne est finie, revenons-en à l'électronique !

Ce réveil est l'idéal pour le campeur qui ne veut pas se charger d'un coq et du sac de grain pour le nourrir, sans compter les autres servitudes... Vous imaginez-vous déambulant sur le port à Saint-Trop ou à Palavas-les-Flaux avec votre coq en laisse ? (En passant : avez-vous vu le résultat des municipales à Saint-Tropez ?) ?

Il convient aussi à tous ceux qui veulent se lever tôt pour profiter de leur journée. S'il pleut, le coq comprend que son maître préfère la chaleur de son sac de couchage (100 % duvet d'oie, c'est bien fait pour elle) à l'humidité de l'extérieur, et il se tait.

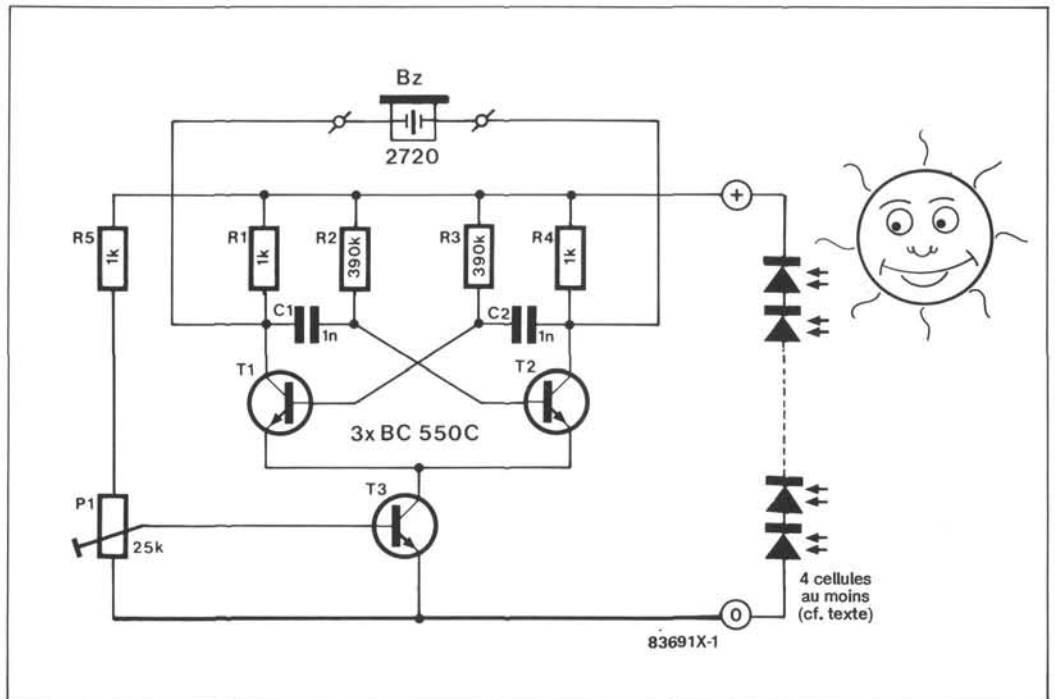


Figure 1 - Le réveil de camping est particulièrement simple à construire. L'alimentation est la particularité essentielle de ce montage.

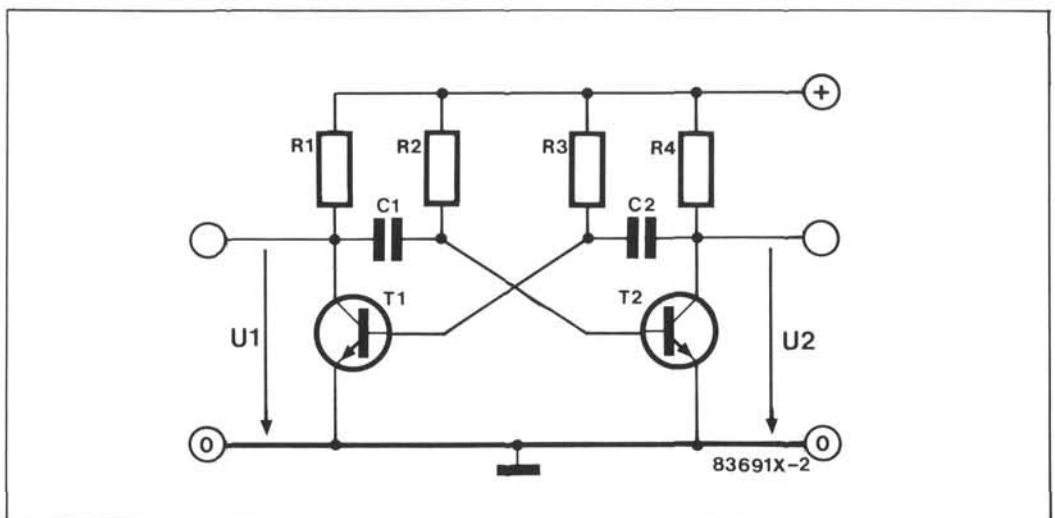


Figure 2 - Le détail du multivibrateur astable. La symétrie du montage correspond à une symétrie du fonctionnement : chaque transistor à son tour devient conducteur et bloque l'autre.

Le circuit

Le circuit comporte un réglage qui permet de déterminer à partir de quelle intensité d'ensoleillement le coq doit chanter, c'est-à-dire l'heure du réveil. C'est le transistor T3 (figure 1) qui connecte le reste du montage à la source d'alimentation. Il devient conducteur plus ou moins tôt en fonction de la position du curseur du potentiomètre P1. La tension prélevée par le curseur est appliquée à la base de T3, elle atteint 0,6 V d'autant plus tôt que le curseur est plus près de R5. Dans le cas extrême, curseur à fond vers R5, la tension est suffisante même sous un ciel nuageux pour que T3 conduise et que le coq chante. Plus on tourne P1 vers l'émetteur de T3 et plus il faut un soleil brillant pour réveiller notre volatile. A l'autre extrémité, le coq reste muet, même si le soleil brille assez fort pour faire cuire un oeuf. Faisons confiance aux apprentis sorciers du "génie génétique" pour doter bientôt les vrais coqs d'un réglage de sensibilité similaire.

L'alimentation sitôt établie par T3, le chant du coq est produit par un oscillateur que forment les transistors T1 et T2 (figure 2). Rappelons le fonctionnement du multivibrateur astable : les transistors T1 et T2 conduisent alternativement. Les phases de conduction de chaque transistor sont représentées sur le chronogramme de la figure 3. La tension U1 est celle du collecteur de T1, U2 celle du collecteur de T2. Lorsque T1 se met à conduire, C1 applique à la base de T2 une impulsion négative qui le bloque. Ensuite C1 se charge à travers R2; lorsque sa tension est suffisante, T2 se met à conduire, bloquant T1 par l'intermédiaire de C2. Les rôles sont inversés et le cycle recommence : charge de C1 à travers R2, conduction de T1...

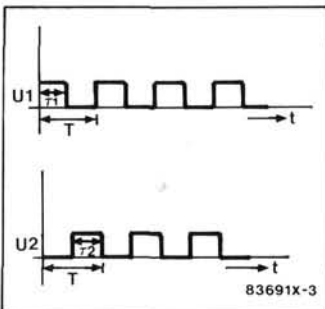


Figure 3 - Les tensions sur les collecteurs de T1 et T2. La durée de chaque alternance est fonction des valeurs de R2/C1 et R3/C2. Comme ces valeurs sont égales deux à deux, les alternances sont de même durée et le signal est dit carré.

Pendant le temps τ_1 (prononcer "té un"; la lettre grecque *tau*, désignant par convention une durée ou une période, est l'équivalent de notre *té sans "h"*) le transistor T1 est bloqué et la tension qui règne sur son collecteur est égale à la tension d'alimentation. Dans le même temps, T2 est conducteur et la tension est quasi-nulle entre son émetteur et son collecteur.

Pendant le temps τ_2 (prononcer "té deux"... non, pas "deux"), les rôles sont inversés et c'est au tour de T1 de conduire. Maintenant T2 est bloqué. La tension entre les deux collecteurs est une tension alternative dont l'amplitude de crête à crête est égale, aux déchets près, à deux fois la tension d'alimentation.

La durée des alternances τ_1 et τ_2 est déterminée par la valeur de R2/C1 pour T1 et R3/C2 pour T2. Si les résistances d'une part et les condensateurs d'autre part sont de même valeur, les deux durées seront égales.

Le temps de conduction de chaque transistor se calcule grâce à la formule simplifiée ci-dessous :

$$\tau_1 = \tau_2 \approx 0,7 \cdot R_2 \cdot C_1$$

Le temps est exprimé en secondes, la résistance en ohms, la capacité en farads.

$$\tau = 0,7 \cdot 390 \text{ k}\Omega \cdot 1 \text{ nF}$$

$$\tau = 0,7 \cdot 390 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9} \\ = 273 \cdot 10^{-6}$$

La période du multivibrateur est donc de $2 \times 0,273$ ms, soit $T = 0,546$ ms. La fréquence, inverse de la période, est de :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,546 \text{ ms}} = 1,83 \text{ kHz}$$

Rassurez-vous, que vous n'avez pas suivi en détail ce qui précède n'empêchera pas le coq de chanter. Retenez simplement que le timbre de votre coq est déterminé par la valeur de R3, C2, R2 et C1. Vous pouvez changer ces valeurs pour essayer d'obtenir un son aussi proche que possible de l'idée que vous vous faites du chant du coq.

O Soleil ! toi sans qui les choses Ne seraient que ce qu'elles sont !

La caractéristique la plus originale de notre volatile est son alimentation. Comme nous l'avons déjà dit, ce n'est pas

une quelconque pile ou une alimentation secteur, mais le soleil qui lui fournit l'énergie nécessaire. L'énergie transportée par la lumière est transformée en électricité par quatre cellules solaires montées en série. Chacune délivre une tension de 0,45 V, la tension totale est donc de 1,8 V. Le volume sonore produit est suffisant pour réveiller un dormeur moyen à condition que le coq se trouve à proximité. La tension peut être portée à 3,6 V en utilisant huit cellules au lieu de quatre. Dans ce cas, le chant du coq sera déjà assez puissant pour couvrir les ronflements d'un sénateur endormi en pleine séance. Si les interventions des orateurs sont assez lumineuses, on peut même raisonnablement espérer que le chant du coq le réveillera.

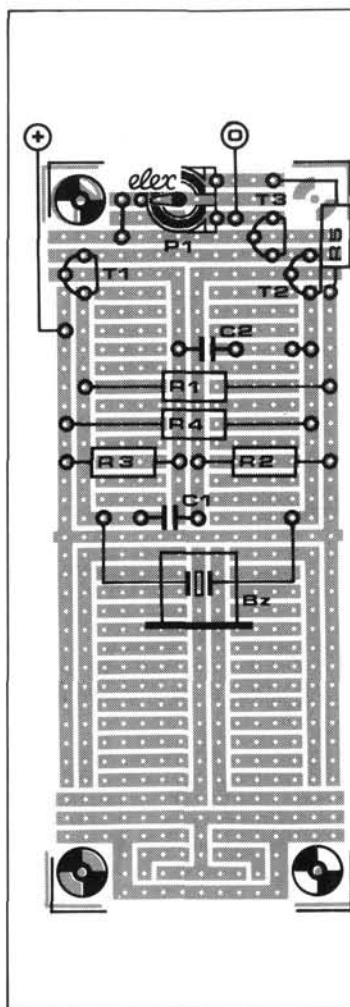
La construction

Le montage tient sur une platine d'expérimentation de format 1. Les cellules solaires sont extérieures à la platine et y sont raccordées par des fils souples. La disposition des composants est représentée sur la figure 4 et n'appelle pas de commentaire particulier. La photographie en début d'article répond aux questions qui pourraient encore se poser.

Les cellules solaires utilisées pour le prototype sont du type SCM-1805 de Solatron Inc. Il s'agit d'un assemblage de quatre cellules de 4 mm x 36 mm. Elles sont montées en série et protégées par un boîtier en plastique muni de lentilles de concentration. N'attachez pas trop d'importance au type de cellule, l'intérêt principal du modèle cité est d'ordre mécanique : il est protégé par son boîtier et ne nécessite pas d'assemblage. Vous pouvez utiliser des éléments en croissant de lune qui sont en fait des chutes de cellules, obtenus lors du découpage en carrés de cellules rondes.

Vous les trouverez à très bon prix, mais vous devrez vous livrer à un petit travail d'assemblage mécanique et de soudure. Ces cellules délivrent une tension de 0,45 V comme toutes les cellules solaires au silicium, et leur intensité maximale de 40 mA suffit largement pour les quelque 5 mA que demande notre coq.

En France on trouve facilement les photopiles au silicium amorphe de la société SOLEMS, que l'on peut utiliser également dans cette application gallinaforme en raison notamment de leur grande sensibi-



INGRÉDIENTS

de la recette du coq au silicium

R1, R4, R5 = 1 kΩ
R2, R3 = 390 kΩ
P1 = 25 kΩ var.
C1, C2 = 1 nF
T1, T2, T3 = BC550C,
BC549C

Divers :

Bz = résonateur piézo PB2720

cellules solaires (au moins 4 pièces délivrant 5 mA sous 0,45 V chacune)
ou photopiles SOLEMS picots Ø 1,2 mm fil de câblage

éventuellement : coffret Heiland HE222

Figure 4 - Le vibreur est logé lui aussi sur la platine de format 1.

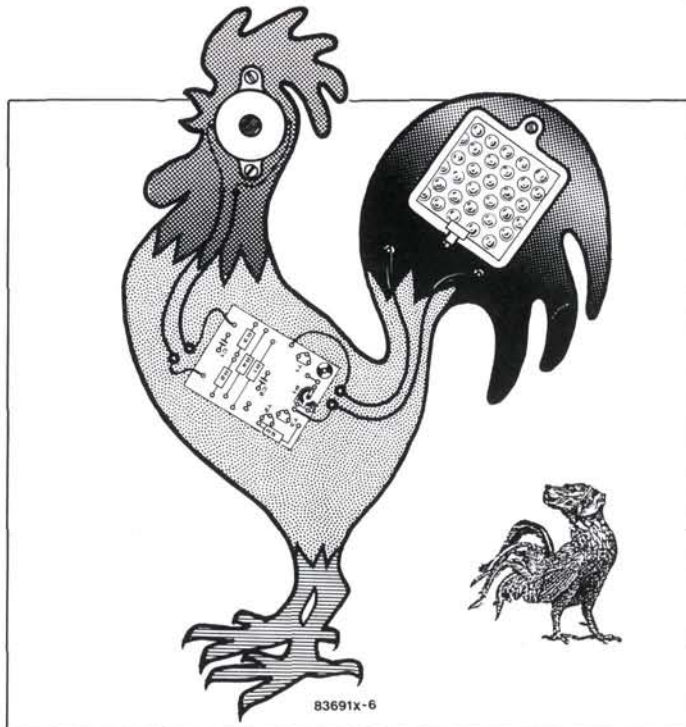


Figure 5 - Un coq qui chante comme un coq et qui en plus ressemble à un coq n'en est que plus convaincant.

lité aux faibles éclaircissements (idéal pour les campeurs qui ne se rendront en Islande ou en Pologne que cet automne, les veinards).

Naturellement, il faudra veiller à la polarité des cellules. Le pôle positif est habituellement du côté sensible à la lumière, ce dont vous pouvez vous

assurer au moyen d'un volt-mètre pour tension continue.

L'organe vocal de notre volatile est un résonateur piézo-électrique passif du type PB 2720 (à ne pas confondre avec les ronfleurs ou vibreurs actifs qui comportent un oscillateur intégré). Il est monté directement sur la platine et raccordé au montage sans étage amplificateur. Il produit son volume sonore maximal à sa fréquence de résonance, qui est de 4,5 kHz. Si vous voulez faire chanter votre coq à cette fréquence, il suffit de donner à R2 et R3 la valeur de 180 k Ω .

Si votre ramage se rapporte à votre plumage

Vous pouvez donner libre cours à votre fantaisie pour l'aspect extérieur de votre volaille. Découpez une silhouette en contreplaqué selon le dessin de la figure 5, vissez le circuit sur le corps, les cellules solaires sur la queue, le vibreur sur la tête, puis peignez l'ensemble de couleurs vives.

Si vous préférez une mise en boîte plus conventionnelle, nous vous suggérons d'utiliser l'excellent coffret HE222 de Heiland. Un mot pour finir sur l'interrupteur marche-arrêt : quand vous en aurez assez d'entendre le coq chanter, jetez lui simplement une couverture. Rien à craindre du côté de la Société Protectrice des Animaux.

83691

bonnes vacances



Des afficheurs à 7 segments à haut rendement

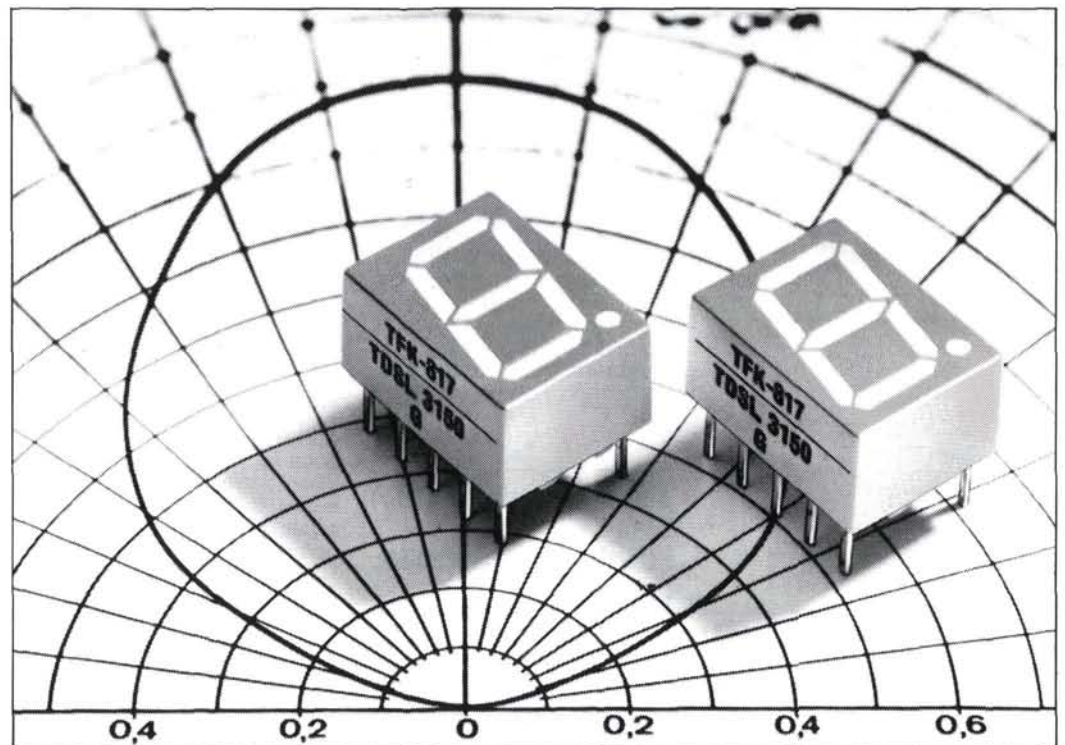
Pour les appareils de mesure à piles, les téléphones portables, et toutes sortes d'appareils alimentés par piles ou accumulateurs, il importe de mettre en oeuvre des composants dont la consommation soit aussi faible que possible en raison des réserves d'énergie limitées. Les fabricants de composants, à l'affût de nouvelles perspectives de développement de leurs activités, s'efforcent de répondre à des besoins de plus en plus spécifiques. Ainsi la firme ouest-allemande Telefunken, spécialiste en la matière, vient de présenter deux nouveaux afficheurs à haut rendement, à segments rouges de 10 mm, les TDSL3150 et TDSL3160. Ceux-ci ne sont pas encore disponibles dans tous les supermarchés, mais sont présentés ici pour illustrer l'évolution des produits en opto-électronique. Parmi les caractéristiques remarquables de ces composants, on relève outre leur faible consommation, une grande homogénéité dans le rayonnement lumineux, un angle de rayonnement très ouvert ($\pm 50^\circ$) et une grande robustesse mécanique. Notez la qualité de la finition de ces composants.

PERISCOPE

L'intensité lumineuse de ces nouveaux afficheurs est de 260 μ cd (microcandela; le candela (cd) est l'unité de mesure de l'intensité lumineuse) pour un courant de 2 mA et de

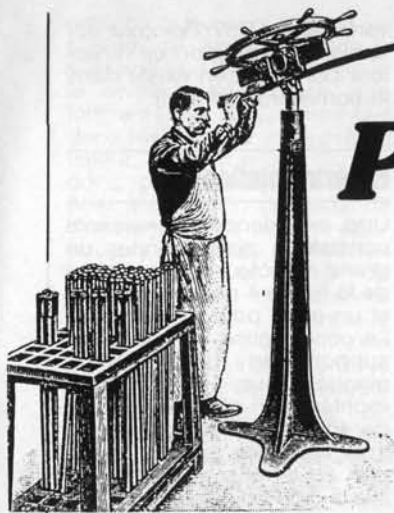
1000 μ cd pour un courant de 5 mA. A titre de comparaison, pour un afficheur moderne ordinaire, mais comparable aux deux nouveaux afficheurs, il faut 10 mA pour une intensité lumi-

neuse de 400 μ cd en rouge, tandis que pour l'orange, le vert, et le jaune (que nous voyons malheureusement moins bien), ce courant donne une intensité lumineuse de 1000 μ cd. 896104



PHOTOPHONE

un téléphone optique expérimental



Vous souvenez-vous du téléphone à deux boîtes de conserves reliées par une ficelle ?

Si vous n'avez jamais écarquillé vos oreilles dans une boîte de petits pois pendant que deux mètres cinquante plus loin (c'est-à-dire à l'autre bout de la ligne) quelqu'un s'égosillait dans une boîte de raviolis en criant ALLO ALLO, si vous n'avez jamais goûté à cette magie du téléphone en fer blanc, il n'est pas trop tard pour le faire maintenant, juste avant de goûter aux joies du téléphone optique.

Car le téléphone expérimental que nous vous proposons n'est rien d'autre qu'une version photo-électrique du téléphone à ficelle. Ici la ficelle, c'est le rayon de lumière «tendu» entre un émetteur et un récepteur. Autre analogie avec le téléphone à ficelles : la portée est faible et le signal transmis ne traverse pas les obstacles.

Avant de commencer, voici quelques précisions étymologiques sommaires sur le choix des termes. On parle de téléphone, parce que cet appareil permet de transmettre des sons (*phone* en

grec) au loin (*télé* en grec). Le nom de PHOTOPHONE, c'est parce que les sons (*phone*) sont transmis sous forme de lumière (*photo* en grec).

C'est le principe de la transmission par modulation d'une porteuse qui nous préoccupe plus que les performances du système. Contrairement à son ancêtre à ficelles, le téléphone lumineux a devant lui un avenir radieux, puisqu'à notre époque se développent toutes sortes de techniques de modulation de la lumière. Il suffit en effet de citer le laser et les fibres optiques pour prendre la dimension du champ d'application de la lumière modulée. Les fibres permettent de contourner les obstacles tout comme le fait le fil de cuivre sur lequel elles ont l'avantage supplémentaire d'un prix de revient moins élevé pour une capacité de transmission en fait beaucoup plus grande. Sur une fibre optique, il est possible de passer en même temps plusieurs milliers de communications téléphoniques, ou jusqu'à plusieurs centaines d'émissions de télévision. Revenons à notre téléphone lumineux. Outre la diode d'émission et son

homologue de réception, il nous faut deux petits circuits : l'un pour convertir le signal de parole ou de musique en un signal électrique et l'autre qui fasse exactement l'inverse à la réception.

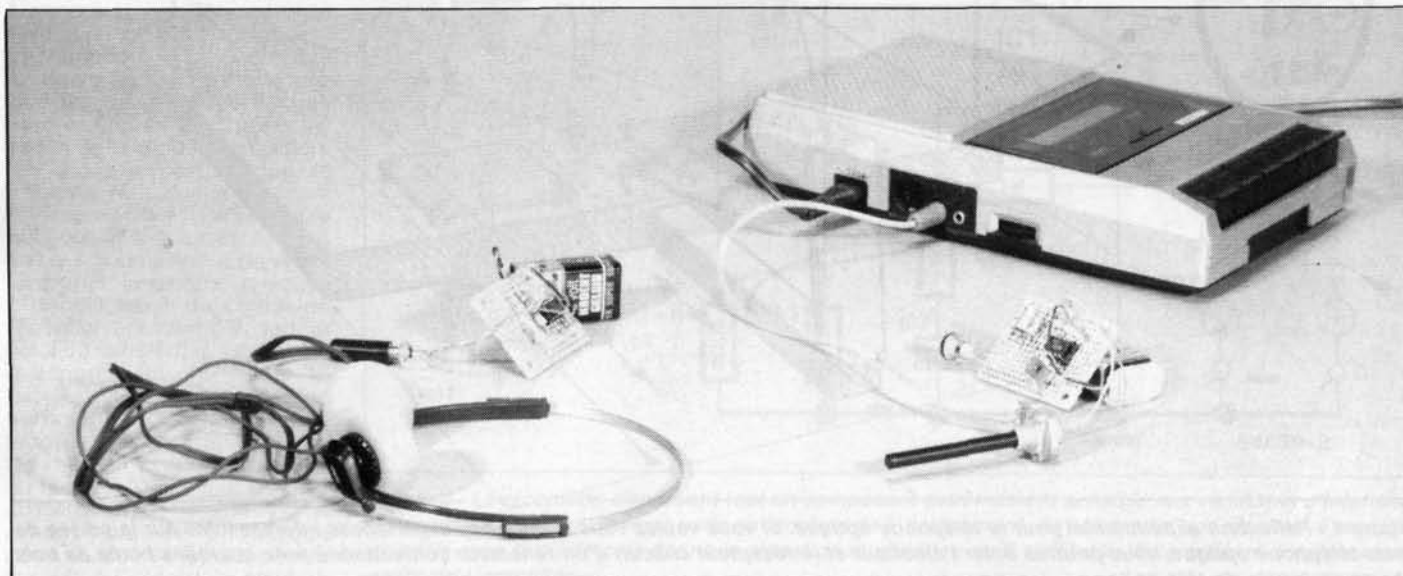
L'émetteur

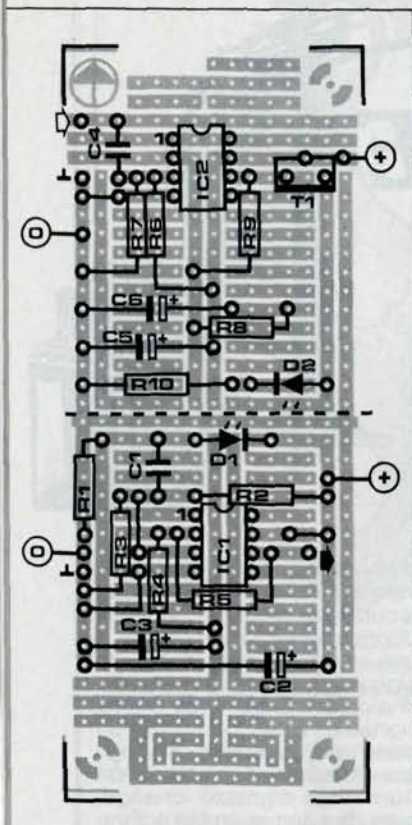
La diode qui émet fonctionne comme un haut-parleur relié à la sortie d'un petit amplificateur. Elle transforme le signal électrique en un signal lumineux (que nous ne voyons pas). Ce qui frappe au début, c'est que la LED, en l'absence de signal, ne s'éteint pas, mais émet une lumière d'intensité stable. On peut la comparer à la membrane du haut-parleur qui au repos n'est pas en fin de course d'un côté ou de l'autre, mais à mi-chemin. Quand il reçoit un signal électrique (alternatif), le haut-parleur se déplace de part et d'autre de sa position de repos. La LED fait varier sa luminosité par rapport à la luminosité moyenne. Elle suit la courbe d'amplitude du signal sonore qu'elle convertit en signal lumineux. La variation d'amplitude du signal sonore est transformée

d'abord en une variation équivalente du signal électrique (courant/tension), laquelle donne naissance à son tour à une variation équivalente du signal lumineux. Il y a une analogie entre les trois signaux, c'est pourquoi on parle de signaux analogiques. Quand l'amplitude de l'un des signaux change, celle des autres en fait autant, et à la même vitesse; la fréquence de variation des signaux est la même.

On appelle modulation le phénomène qui consiste à faire varier un signal en fonction d'un autre. Ici nous pratiquons la modulation d'intensité ou d'amplitude de la porteuse, c'est-à-dire du signal lumineux. En l'absence de signal de modulation, la porteuse existe mais son amplitude est fixe.

L'amplificateur de notre émetteur fait appel à un circuit intégré de type 741 (IC2). A l'entrée se trouve un potentiomètre à l'aide duquel on dose le niveau du signal à émettre. Le condensateur C4 ne laisse passer que les signaux alternatifs vers l'entrée non inverseuse de IC2. La composante continue du signal d'entrée





LISTE DES COMPOSANTS

de l'émetteur et du récepteur

R1, R9 = 100 kΩ
 R2, R3, R6, R7 = 470 kΩ
 R4, R8 = 1 kΩ
 R5 = 1 MΩ
 R10 = 47 Ω/0,5 W
 P1 = 100 kΩ log.
 C1, C4 = 100 nF
 C2, C5 = 10 μF/16 V
 C3, C6 = 4,7 μF/16 V
 D1 = photodiode BPW34
 D2 = LED LD57 (vert-jaune) ou LD271/CQY99 (infrarouge)
 T1 = BD139
 IC1, IC2 = 741

Divers :

S1, S2 = interrupteur
 1 réflecteur pour LED
 2 piles de 9 V
 1 platine d'expérimentation ELEX de format 1
 2 supports à 8 broches

La tension de service indiquée sur les condensateurs chimiques utilisés sera égale ou supérieure à la valeur spécifiée dans la liste des composants.

Figure 3 - Plan d'implantation des composants de l'émetteur ET du récepteur sur une demi-platine d'expérimentation de format 1 chacun. La ligne pointillée indique où couper la platine en deux.

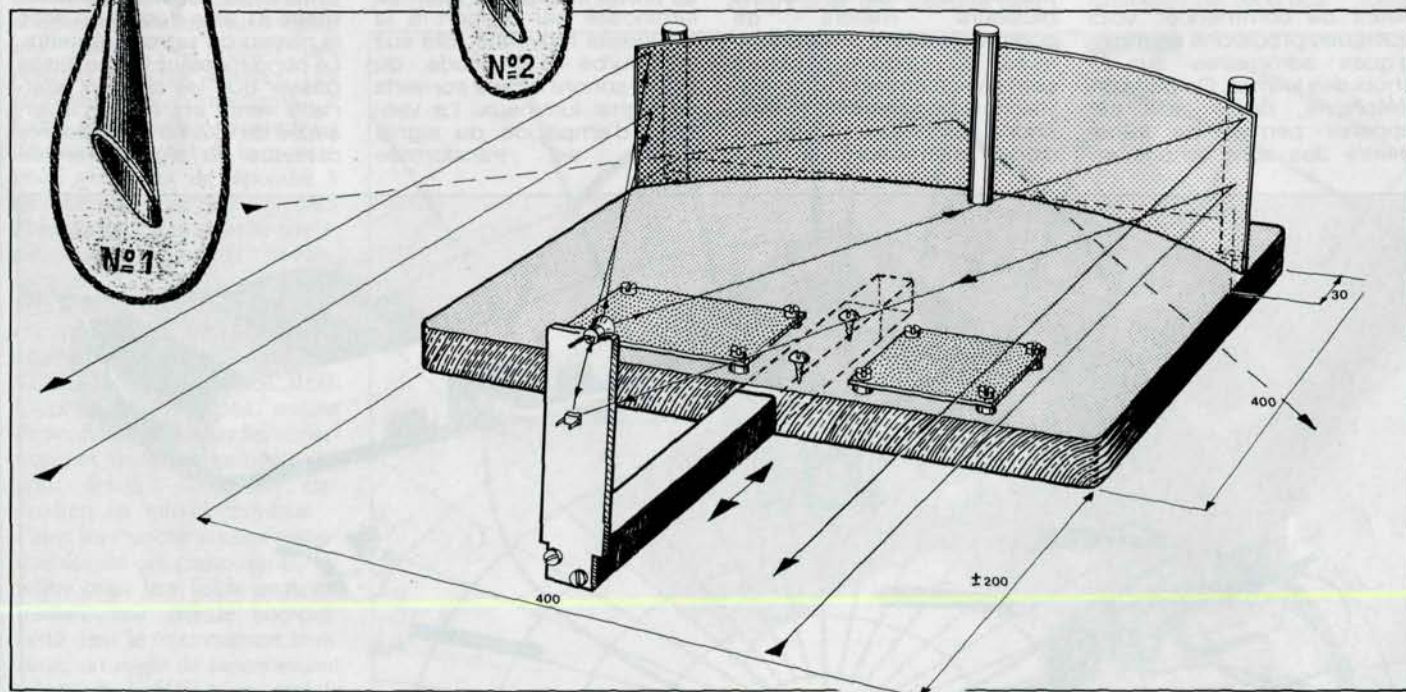
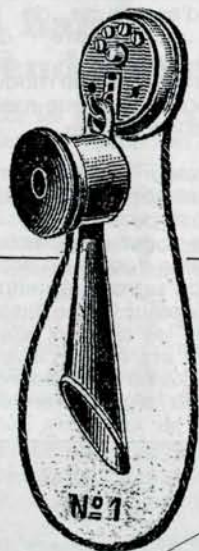


Figure 4 - Réflecteur expérimental pour le téléphone optique. Si vous voulez vous livrer à des expériences intéressantes sur la portée de votre téléphone optique, vous pourrez doter l'émetteur et le récepteur chacun d'un réflecteur confectionné avec quelques bouts de bois et une rectangle de tôle polie.

l'émetteur; la LED doit s'allumer aussitôt. Si vous appliquez à l'entrée le signal de sortie d'un lecteur de cassettes par exemple, vous devez percevoir les variations de luminosité de la LED. Agissez sur P1 pour doser la profondeur de modulation.

Branchez la pile du récepteur maintenant, avec à la sortie un casque à haute impédance (1 kΩ ou plus) si vous en avez un. Sinon vous pouvez aussi connecter un petit amplificateur, comme l'amplificateur de poche CANARI décrit dans ELEX. Placez la photodiode du récepteur bien en face de la diode d'émission. Il ne faut pas vous attendre à de la Hi-Fi. Si la distorsion est gênante, c'est peut-être parce que le niveau d'entrée de l'émetteur est trop élevé; réduisez-le à l'aide de P1.

Le moment est venu de passer au test de distance. Si la luminosité ambiante n'est pas trop forte, le téléphone optique doit couvrir quelques mètres. Pour augmenter la sélectivité du récepteur, on peut monter la photodiode au bout d'un petit cylindre en carton avec éventuellement à l'autre bout une lentille. Si la longueur du cylindre est telle que la photodiode se trouve dans le foyer de la lentille, la portée du montage sera considérablement améliorée.

Du côté de l'émetteur on peut améliorer les performances en remplaçant la LD57 par une diode électroluminescente émettant dans l'infrarouge (par exemple CQY99 ou LD271); il se trouve en effet que la photodiode est plus sensible à la lumière infrarouge qu'à la lumière jaune-

verte de la LD57. Rajoutez sur la diode d'émission un réflecteur comme il en existe dans le commerce (cf fig.1).

Expérimentation

Une expérience intéressante consiste à confectionner un grand réflecteur comme celui de la figure 4 pour l'émetteur et un autre pour le récepteur. La construction comporte un support en bois (contre-plaqué) sur lequel sont montés d'un côté une plaque de tôle polie coincée entre trois tourillons, et de l'autre une équerre sur laquelle on fixe la diode d'émission (sur le support de l'émetteur) et la photodiode de réception (sur le support du récepteur).

Avant de fixer définitivement l'équerre au support, il est important de rechercher le foyer du réflecteur, c'est-à-dire le point vers lequel convergent les rayons lumineux réfléchis. Un tel réflecteur fonctionne comme une antenne parabolique.

Pour rechercher la ligne focale du réflecteur, projetez-y perpendiculairement la lumière d'une torche puissante ou d'un phare de voiture, et déplacez un morceau de carton ou de papier rigide sur l'axe médian jusqu'à ce que vous ayez trouvé la position dans laquelle un trait lumineux apparaît sur le carton. Vous aurez alors la ligne sur laquelle se concentre le rayonnement réfléchi. C'est sur cette ligne que vous monterez le support de la diode électroluminescente d'émission et celui de la photodiode. 84659

reste bloquée à cet endroit. Le niveau de tension continue sur l'entrée d'IC1 est défini par le diviseur de tension que forment R6 et R7. Comme ces deux résistances ont la même valeur, la broche 3 d'IC2 est donc portée à un potentiel égal à la moitié de celui de l'alimentation, soit 4,5 V environ. Le niveau de tension continue de la sortie de l'amplificateur opérationnel est aussi de 4,5 V puisque la résistance R9 opère une contre-réaction intégrale de la sortie sur l'entrée inverseuse. Une partie du signal de contre-réaction alternative est court-circuitée à la masse par C6 à travers R8; pour les signaux alternatifs la contre-réaction est donc plus faible et le gain par conséquent plus fort. Il est de l'ordre de 100.

L'amplificateur n'est pas capable de fournir un courant suffisant pour attaquer la diode d'émission; c'est pourquoi on intercale un transistor comme étage de puissance. Compte tenu de la tension continue de sortie de l'amplificateur opérationnel, la tension d'émetteur de T1 sera du même ordre, ce qui permet à un courant d'environ 40 mA de circuler à travers la LED en l'absence de modulation alternative. Selon l'amplitude du signal de modulation, l'intensité du courant à travers la LED pourra varier entre 80 mA et zéro...

La diode LD57 mentionnée sur le schéma et dans la liste des composants a un rendement élevé, c'est-à-dire que sa luminosité est forte pour un courant somme toute raisonnable.

Le récepteur

Puisque nous avons comparé la diode d'émission à un haut-parleur, il est assez logique de comparer la diode de réception à un microphone. Un microphone pour signaux lumineux... c'est comme cela que l'on peut désigner la photodiode D1 du schéma de la figure 2. Vous remarquerez que les deux petites flèches sont inversées par rapport à celles de la diode d'émission. On indique par là que le composant concerné est photosensible, c'est-à-dire qu'il réagit à la lumière. C'est elle qui nous permet de «voir» le signal lumineux modulé. L'amplificateur du circuit de réception ressemble fort à celui du circuit d'émission. On a donné à R5 une valeur 10 fois supérieure à celle de son homologue du circuit émetteur. Le gain a changé dans les mêmes proportions (1000 au lieu de 100). Il faut en effet amplifier mille fois le signal produit par la photodiode pour le porter à un niveau audible à l'aide d'un casque.

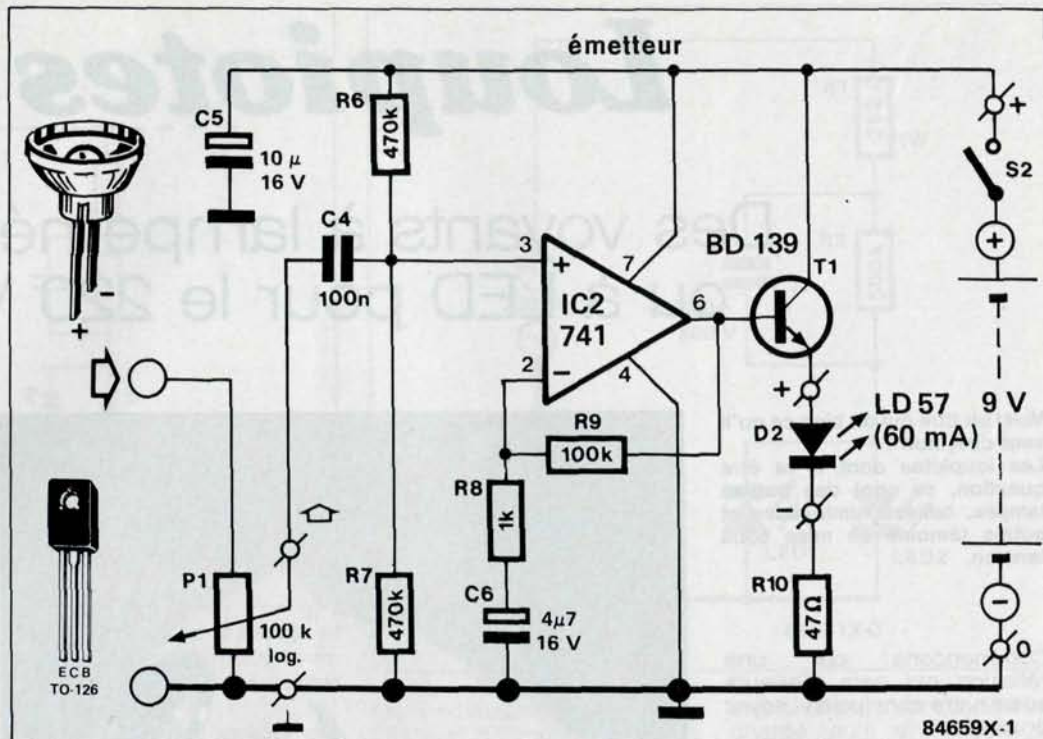


Figure 1 - L'émetteur du photophone amplifie le signal BF avant de l'injecter dans une photodiode dont la luminosité varie en fonction de l'amplitude du signal émis.

La photodiode est polarisée en inverse, montée en série avec la résistance R1. C'est le courant de fuite de la cathode à l'anode que l'on exploite pour récupérer le signal; il se trouve en effet que ce courant varie en proportion de l'intensité de la lumière qui frappe (aïe !) la photodiode. Les variations de la chute de tension provoquée aux bornes de R1 par le courant photoélectrique sont prélevées par l'intermé-

diaire de C1 qui achemine ce signal alternatif vers l'entrée de IC1. Le niveau de polarisation continue de l'entrée positive de l'amplificateur est assurée ici encore par un pont diviseur symétrique. Cette astuce nous permet d'utiliser un circuit à tension d'alimentation asymétrique pour traiter des signaux alternatifs.

Les deux circuits montés sur une platine d'expérimentation

de format 1 coupée en deux seront soigneusement vérifiés avant la mise sous tension. Aucune soudure froide, pas de court-circuit, les diodes, les condensateurs, les circuits intégrés sont orientés dans le bon sens, les ponts de câblage aussi ?

La réalisation

Alors branchons la pile de

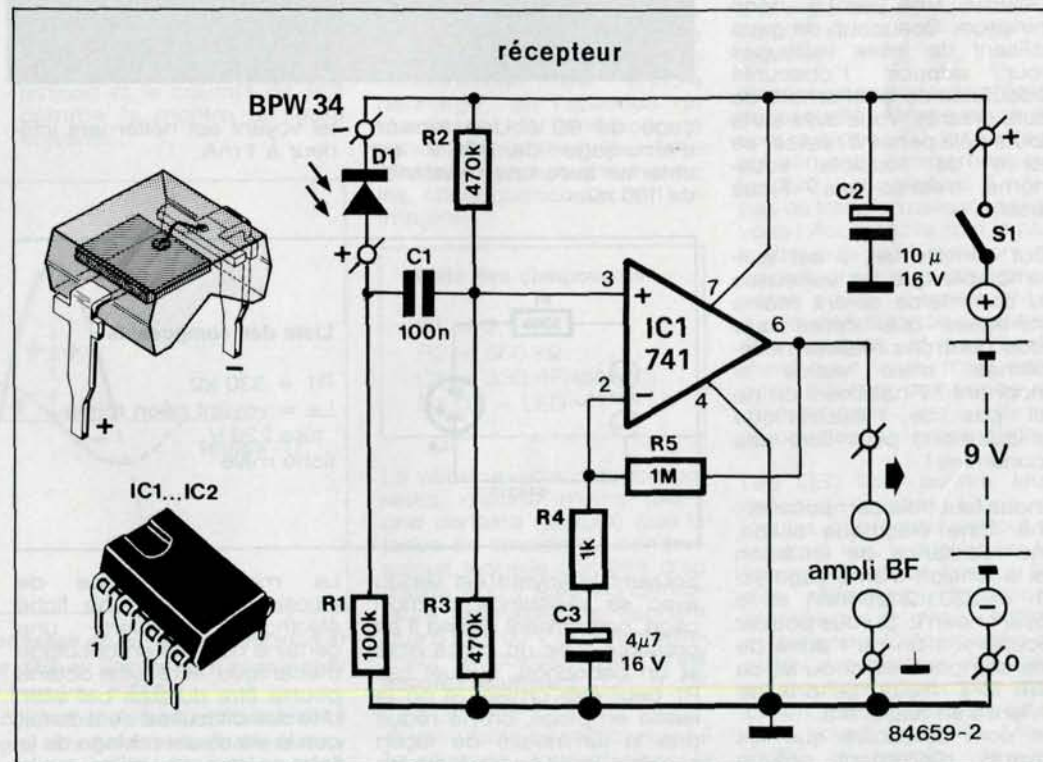


Figure 2 - Le récepteur, c'est avant tout un composant extrêmement sensible aux variations d'intensité lumineuse. Le courant inverse varie en fonction de l'éclairage. Aux bornes d'une résistance montée en série avec la diode cela donne le signal de modulation qu'il suffit d'extraire avec un condensateur avant de l'amplifier.

Loupiotes

Des voyants à lampe néon ou à LED pour le 220 V

Voici un titre qui dit bien ce qu'il veut dire, non ?

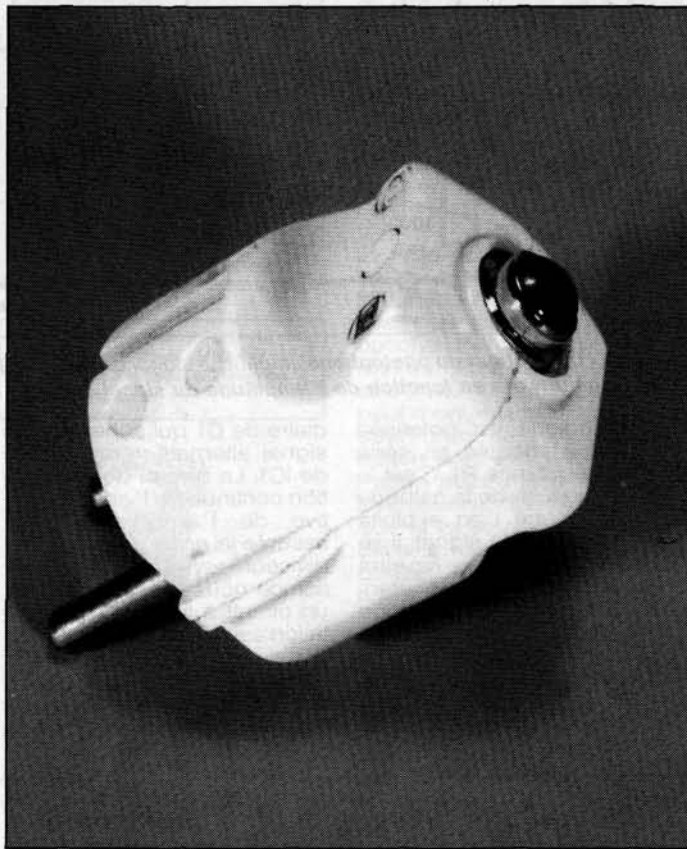
Les loupiotes dont il va être question, ce sont des petites lampes, balises lumineuses et autres témoins de mise sous tension.

Commençons par une réflexion qui sera d'ailleurs aussi notre conclusion : soyez prudent !

Il n'est pas agréable de tâtonner dans l'obscurité, surtout dans des lieux que l'on ne connaît pas. C'est pourquoi on trouve, par exemple dans les couloirs de lieux d'hébergement publics, de petits voyants qui restent allumés la nuit et balisent le chemin vers la sortie ou d'autres lieux où l'on va généralement tout seul. Depuis quelque temps on trouve ce genre de balises lumineuses dans le commerce, sous forme de fiches électriques mâles, avec un petit capot translucide sous lequel s'allume une lampe néon miniature. Beaucoup de gens utilisent de telles veilleuses pour adoucir l'obscurité redoutable de la chambre de leurs enfants. Vous avez sans doute déjà pensé à réaliser ce genre de loupiote vous-même, n'est-ce pas ? Nous aussi.

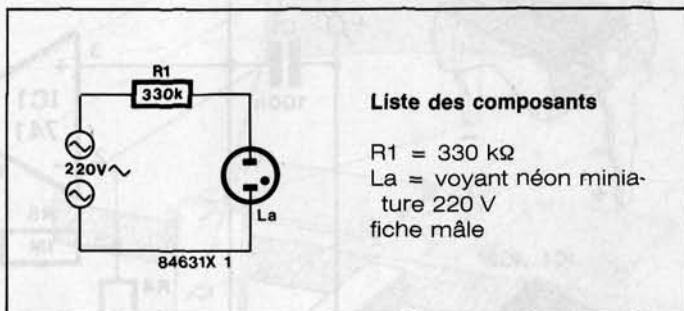
Tout compte fait, il est vraisemblable que les veilleuses du commerce seront moins onéreuses que celles que nous pourrions réaliser nous-mêmes, mais est-ce si important ? Finalement on ne fait pas de l'électronique (uniquement) pour faire des économies !

Il nous faut trois composants : une fiche électrique solide, une résistance de limitation de la tension d'amorçage (ici $R1 = 330 \text{ k}\Omega / 125 \text{ mW}$) et le voyant néon L. Si vous pouvez récupérer l'un ou l'autre de ces composants ici ou là, ce sera tant mieux. Le prix de revient s'en ressentira. Ne sont utilisables que les voyants réellement prévus pour une tension de 220 V. La valeur de la résistance détermine la tension d'amorçage. La valeur de $330 \text{ k}\Omega$ correspond à une tension d'amor-



page de 90 V. Une tension d'amorçage de 135 V est obtenue avec une résistance de $100 \text{ k}\Omega$.

tel voyant est nettement inférieur à 1 mA.

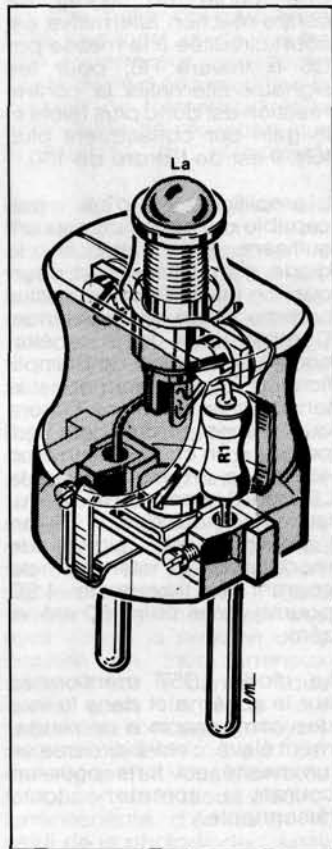


Liste des composants

$R1 = 330 \text{ k}\Omega$
 $La =$ voyant néon miniature 220 V
 fiche mâle

Souvent le voyant est vendu avec sa résistance d'amorçage, notamment quand il se présente avec un corps isolé et un cabochon, auquel cas $R1$ peut être omise. Si on la laisse en place, on ne réduit pas la luminosité de façon sensible, mais on améliore les conditions de sécurité. En l'absence de résistance d'origine sur le voyant, il faut impérativement implanter $R1$. Le courant qui circule dans un

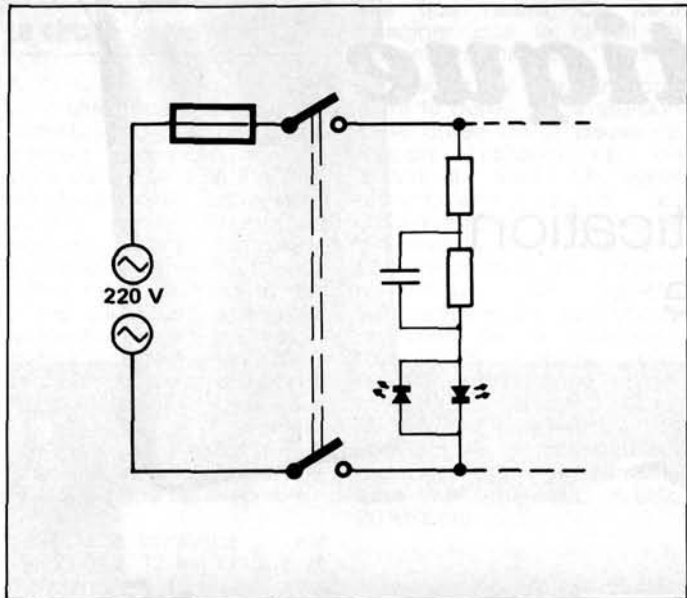
La mise en place de l'ensemble dans une fiche électrique requiert une certaine habileté en bricolage mécanique; le résultat obtenu pourra être du plus bel effet. Une des difficultés vient du fait que la vis d'assemblage de la fiche se trouve au milieu sur la plupart des modèles, là justement où devrait passer le corps du voyant. En utilisant des voyants nus, on bénéficie de leur encombrement réduit.



Il est primordial de bien isoler toutes les connexions.

A la lecture de ce qui précède (et accessoirement en survolant ce qui suit) vous vous êtes donc dit : «Faut-il qu'ils soient benêts chez ELEX ! Pourquoi ne font-ils pas cela avec des LED ? Tant qu'à utiliser une résistance, autant faire chuter la tension de façon à pouvoir utiliser une diode rouge ou jaune ou verte...»

Excellente idée ! Alors allons-y. Une LED supporte entre 1,6 et 2,4 V selon sa couleur. Il faut donc faire chuter 218,4 V. Vous voyez le travail ? Avec un courant de LED de 20 mA, le montage consomme 4,4 W dont 99,3% sont dissipés en chaleur par la résistance. Vive les économies d'énergie ! Vous voyez que ce n'est pas aussi simple que ça. En réfléchissant un peu, on finit par avoir des idées qui valent leur pesant de pétrole. Le schéma ci-dessous montre comment on s'y prend.



Quand vous voyez le schéma de principe ci-dessus, vous pensez en toute logique que ce sont les résistances qui font chuter la tension, n'est-ce pas ? Couic, c'est faux ! Ici c'est le condensateur qui fait le travail, de surcroît sans dissipation d'énergie.

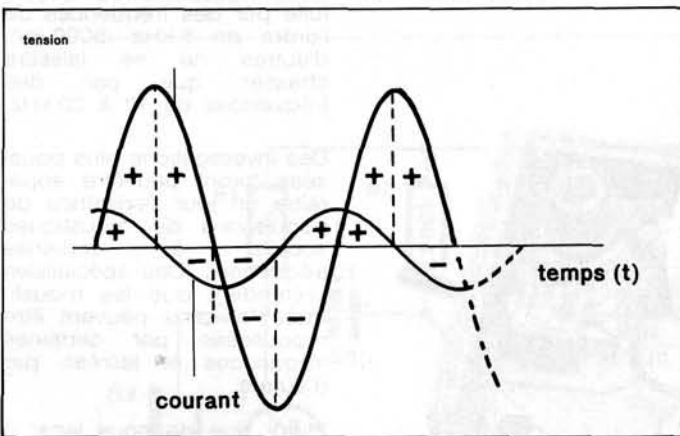
Sur le schéma détaillé de droite apparaissent les valeurs des composants. Notez la forte valeur de R2. La tenue en tension de C1 doit être respectée impérativement (400 V ou plus).

Mais il y a des résistances là-dedans...

Oui, mais il y a surtout un condensateur, et c'est lui qui fait chuter la tension. En effet, même s'il laisse passer le courant alternatif, le condensateur lui oppose une certaine résistance qui varie selon la capacité mais aussi selon la fréquence de la tension alternative. Ainsi un condensateur de 330 nF présente à 50 Hz une résistance de 10 kΩ environ. Cette dizaine de kilohms donne précisément le courant de 20 mA qu'il faut pour les LED. S'il y a deux LED, c'est parce que le courant est alternatif et que les LED ne supportent guère de tensions inverses supérieures

à 5 V au mieux. Elles se protègent donc mutuellement puisque pendant que l'une est bloquée par une tension inverse, l'autre conduit et abaisse la tension inverse à 3 V environ.

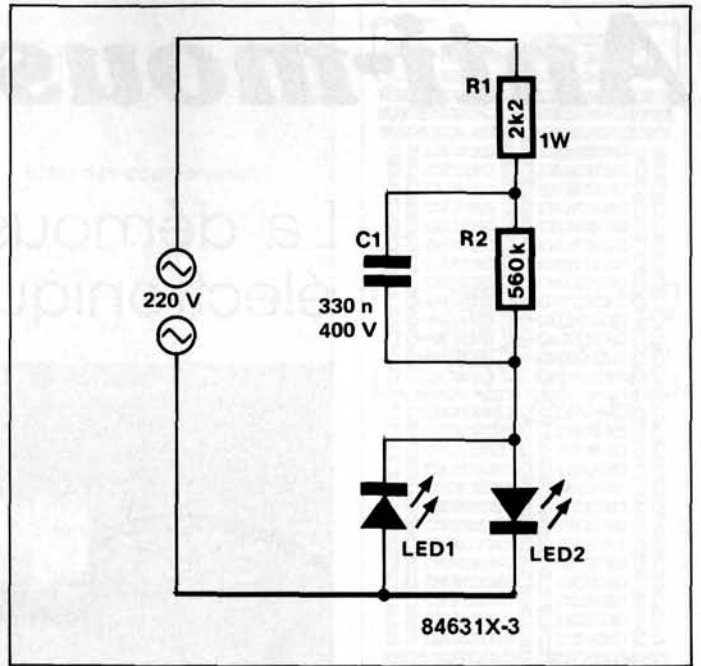
Si vous avez l'esprit critique, vous vous demandez sans doute si le condensateur ne dissipe pas autant d'énergie que le fait la résistance. Bonne question, mais le condensateur ne dissipe rien. Il a en revanche une autre caractéristique que nous connaissons déjà : il déphase la tension et le courant de 90° comme le montre la figure suivante :



Le condensateur introduit un déphasage de 90° entre la tension et le courant alternatifs. Nous avons déjà eu l'occasion d'approfondir cette notion dans de précédents numéros d'ELEX.

La superposition des courbes de courant et de tension nous montre que la tension la plus élevée règne aux bornes du condensateur quand celui-ci est entièrement chargé, c'est-à-dire quand il n'y circule plus de courant. A mesure que l'intensité du courant augmente, la chute de tension aux bornes du condensateur s'accroît jusqu'à l'effondrement total.

onderschrift A



Ce condensateur qui fait résistance en alternatif, c'est donc tout à fait ce qu'il nous faut. Il reste l'énigme des deux résistances. A quoi servent-elles, puisque le condensateur se charge de faire chuter la tension ?

L'une d'entre elles, R2, décharge le condensateur quand l'ensemble du dispositif n'est plus sous tension, tandis que l'autre, R1, limite le courant qui charge le condensateur lors de la mise sous tension. Celle-ci intervient à un instant quelconque de la courbe de tension, et non pas au passage par zéro comme il le faudrait. Or quand cette tension est appliquée pour la première fois, la courbe de tension peut très bien être à son maximum alors que le condensateur est encore déchargé : en l'absence de résistance de limitation, le condensateur ferait le même effet qu'un court-circuit avec les conséquences que l'on imagine.

Liste des composants

- R1 = 2,2 kΩ
- R2 = 560 kΩ
- C1 = 330 nF/400 V (!)
- D1, D2 = LED

La valeur exacte des composants importe moins (dans une certaine mesure) que la tenue en tension du condensateur, laquelle doit être d'au moins 400 V. Les condensateurs ordinaires ne tiennent que 63 V, 100 V ou éventuellement le double, mais c'est encore insuffisant. On a dit 400 V, ce sera 400 V.

A votre avis, quand circule-t-il le plus de courant dans le condensateur ? La réponse à cette question est simple : c'est quand le condensateur est déchargé qu'il circule le courant de plus forte intensité.

Inversement, c'est quand il est chargé qu'il en circule le moins. C'est ainsi que la courbe de courant voit ses crêtes coïncider avec les passages par zéro de la courbe de tension. Et les passages par zéro de la courbe de courant coïncident bien entendu avec les crêtes de la courbe de tension.

Ce qui donne une combinaison bizarre : pendant chaque demi-alternance de la tension, le courant est d'abord de polarité positive puis de polarité négative, ou inversement. Le condensateur se charge puis se décharge comme il se doit ; ce qui est entré dans le réservoir d'énergie doit de nouveau en sortir, sinon le réservoir explose...

Ne trichez pas avec les règles de sécurité. Même si ce ne sont que des LED, le montage est alimenté directement par les 220 V du secteur. Il n'y a pas de transformateur, méfiez-vous ! Accordez le soin le plus méticuleux à l'isolation du voyant que vous confectionnerez. Les conséquences d'une négligence peuvent être terribles, et pas seulement pour vous, mais aussi pour d'autres personnes qui deviendraient les victimes innocentes de votre incurie !

Les LED sont petites, leurs broches proches l'une de l'autre, et proches surtout du support sur lequel vous les fixerez. N'utilisez surtout pas de réflecteur métallique. Méfiez-vous des coffrets métalliques. L'écart entre les pistes des platines ordinaires est insuffisant pour cette application, n'en utilisez pas. En un mot, soyez prudents. Merci, ELEX a besoin de ses lecteurs.

Anti-moustique

La démoustication électronique

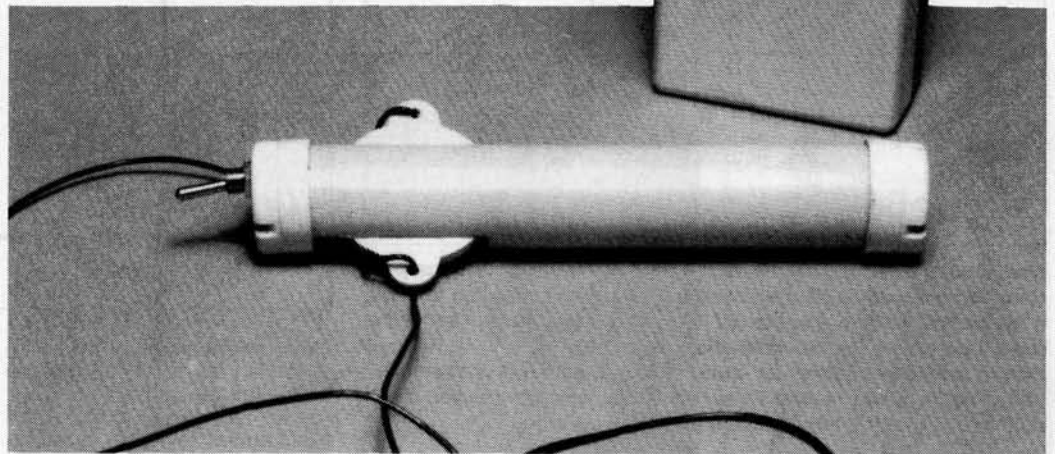


Figure 1 - Les prototypes de l'anti-moustique. Le boîtier peut être un modèle courant ou bien un tube à comprimés pharmaceutiques, monté en pendentif. La classe !

Youpie, revoici l'été avec le soleil, les baignades et les nuages de moustiques qui piquent n'importe quelle proie sans discernement. Bien sûr les boutons et les démangeoisons ne présentent pas un risque mortel, ils sont désagréables, c'est tout.

Mais le paludisme ne passera pas ! Elex vous propose de fabriquer un petit générateur de signaux pour envoyer sucer ailleurs les diptères de la famille des culicidés et des anophélidés.

Les désagréments dus aux moustiques sont liés à la vie en plein air (raconte benoîtement le rédacteur qui n'a jamais été enfermé dans un caisson de relaxation avec une femelle anophèle. Ah je vous jure...). Des esprits inventifs ont développé toutes sortes de stratégies de lutte anti-moustique. Le dernier avatar de cette recherche est le fly-tox électronique, pas plus sexiste que les autres insecticides.

Comment se débarrasser de Miss Touque ?

On sait que seules les (moustiques) femelles piquent.

Notre arme anti-moustique sèmera la panique aussi parmi les mâles qu'elle enverra bourdonner ailleurs, même s'ils ne piquent pas.

Malgré des études intensives, les experts de la lutte anti-moustiques n'ont pas encore pu déterminer la cause d'un phénomène remarquable : alors que certaines espèces de moustiques sont mises en fuite par des fréquences de l'ordre de 5 kHz (5000 Hz), d'autres ne se laissent chasser que par des fréquences de 10 à 20 kHz.

Des investigations plus poussées feront peut-être apparaître un jour l'existence de populations de moustiques sourds à certaines fréquences. Des spécialistes prétendent que les moustiques femelles peuvent être repoussées par certaines fréquences et attirées par d'autres.

Plutôt que de nous livrer à d'interminables études entomologiques, essayons ! L'investissement se limite à deux transistors, un résonateur, quatre résistances et deux condensateurs. Le seul risque est de tomber sur une espèce de moustique immunisée contre les sifflements. Si vous voyez passer un moustique avec un walkman, faites-lui signe d'ôter son casque.

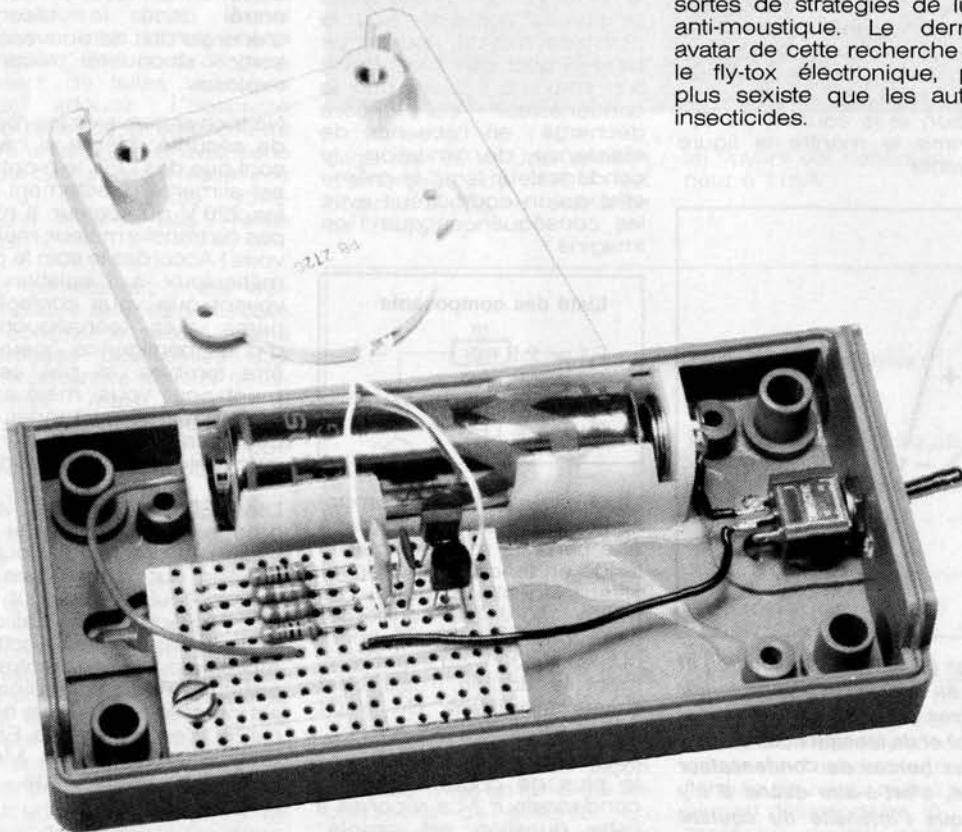


Figure 2 - Un coup d'oeil à l'arrière. Les forces anti-moustique utilisent un "canon" acoustique qui n'est autre qu'un vibreur en céramique piézo-électrique.

Le circuit

Le multivibrateur astable qui constitue le circuit n'est pas le premier que nous rencontrons dans ELEX où il a déjà été utilisé à plusieurs reprises comme générateur de signaux. Voici un autre exemple d'adaptation d'un même circuit de base simple à des utilisations différentes. Le fonctionnement du multivibrateur astable est décrit dans ce numéro à propos du "coq électronique". Nous nous bornerons à montrer comment le circuit a été adapté à l'utilisation particulière que nous en faisons.

Lorsque le transistor T1 est conducteur, T2 est bloqué, et inversement. Le rôle des condensateurs C1 et C2 est déterminant dans ce basculement perpétuel : il leur faut chacun un certain temps pour se charger puis pour se décharger. Ce temps détermine la cadence de basculement. Les transistors sont conducteurs dès que la tension sur leur base atteint le seuil de 0,7 V (pour des transistors au silicium). La symétrie du schéma permet de comprendre que les transistors changent de rôle continuellement. La tension sur les collecteurs oscille en permanence entre deux valeurs déterminées : le signal est une tension alternative rectangulaire.

Voilà pour les généralités sur le multivibrateur astable. Voyons maintenant les particularités qui en font un circuit anti-moustique. En regardant de plus près le schéma, vous constatez que C1 et C2 ne sont pas de même valeur. Le rapport entre les deux valeurs est de quatre. L'un se chargera et se déchargera plus

vite que l'autre. On peut imaginer que le circuit va boiter en oscillant.

Le résultat est que le rapport entre la durée de l'impulsion et la durée de la pause (le rapport cyclique) est de quatre, lui aussi. Le signal rectangulaire produit est dissymétrique. Un signal dissymétrique est plus riche en harmoniques qu'un signal symétrique. On appelle harmoniques les fréquences multiples de la fréquence d'oscillation appelée elle-même la fréquence fondamentale : pour notre fréquence fondamentale de 5000 Hz, le signal contient aussi les fréquences harmoniques de 10 kHz, 15 kHz, 20 kHz etc.

Fréquences fantômes

Un son complexe (par opposition à une sinusoïde pure) est caractérisé par le nombre, la fréquence et surtout l'amplitude de ses harmoniques : celle-ci est toujours moins forte que celle de la fondamentale. Si vous tombez sur une colonie de moustiques sourds à la fondamentale de 5 kHz, il est vraisemblable qu'ils seront au contraire très sensibles à l'une des fréquences harmoniques supérieures.

Vous aussi, quand vous écoutez par exemple une basse électrique, une grosse caisse ou une contrebasse sur un poste de radio à transistors ou dans un casque, vous reconnaissez distinctement l'instrument, vous entendez les sons extrêmement graves qui le caractérisent. Dom bodom dom dom... et pourtant la petite membrane du casque ou du petit haut-parleur de votre

Liste des composants

R1, R4 = 10 kΩ
R2, R3 = 560 kΩ
C1 = 82 pF
C2 = 330 pF
T1, T2 = BC 547
1 résonateur PB 2720
1 platine d'expérimentation Elex de format 1
1 boîtier au choix
1 pile de 1,5 V
1 interrupteur marche-arrêt

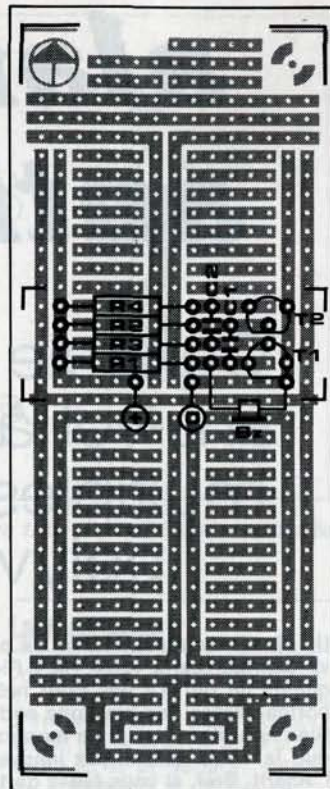


Figure 4 - Le plan d'implantation ne présente pas de difficulté, sinon que la broche de base de T2 doit être croisée pour venir se fixer devant les deux autres.

poste à transistors est rigoureusement incapable de reproduire la fréquence fondamentale (à peine quelques dizaines de Hz) du son avec une amplitude suffisante pour que vous l'entendiez. Encore une histoire de fantômes ?

Non, c'est précisément grâce aux fréquences harmoniques, plus aiguës et réellement produites par le HP ou le casque avec une amplitude notable, que votre oreille reconstitue en quelque sorte la fréquence fondamentale qui pourtant n'existe pas physiquement.

Les quelques composants du montage n'occupent pas plus

La construction

du quart d'une platine d'expérimentation de format 1. Le détail à relever sur la figure 4 est le montage particulier de T2 : sa connexion de base doit

passer entre les deux autres pour venir se fixer devant elles. Le méplat des deux transistors doit être orienté dans le même sens.

Le boîtier sera choisi selon votre goût, pourvu qu'il puisse contenir le vibreur, le circuit, la pile et un interrupteur marche-arrêt. Si vous comptez utiliser votre anti-moustique au bord de la mer, pensez à l'installer dans un coffret pas trop fragile et aussi étanche que possible.

Un morceau de mini-coffret translucide Heiland HE222 (mais oui, on peut les raccourcir) fera parfaitement l'affaire. La taille de la pile de 1,5 V peut être quelconque. La consommation du montage n'est que de 0,3 mA et une pile bâton (modèle AA) peut l'alimenter pendant 1500 à 2500 heures. Cela devrait suffire à venir à bout des moustiques mâles les mieux entraînés.

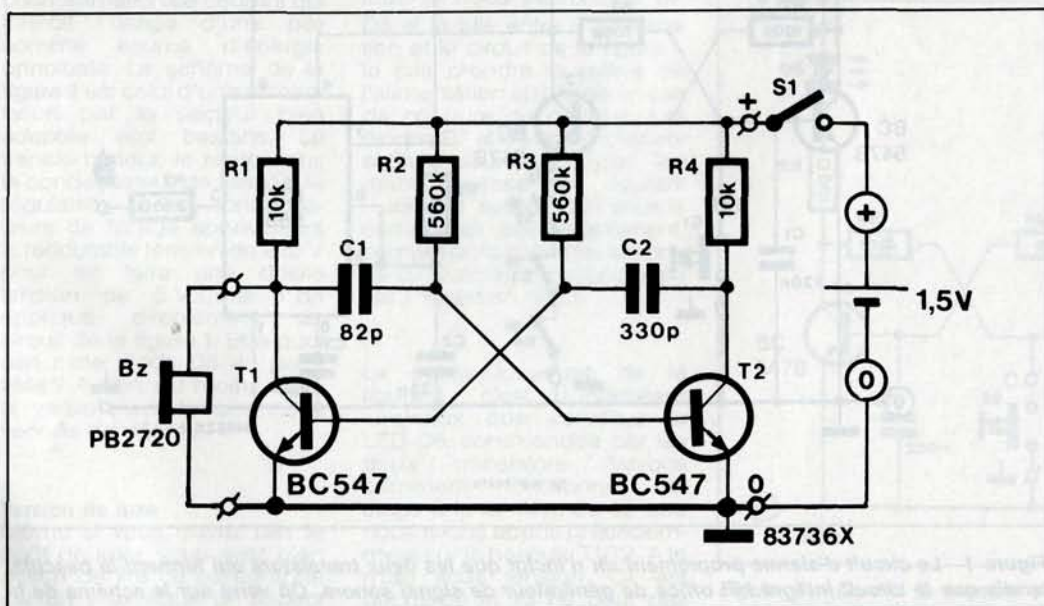


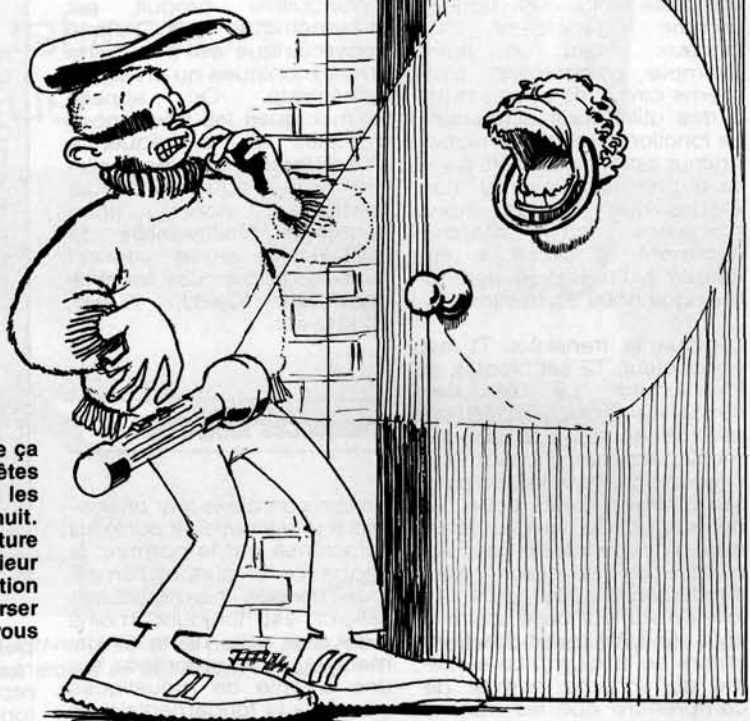
Figure 3 - Faute de circuit intégré anti-moustique spécialisé, nous nous contenterons de la simplicité quasi-géniale de ce schéma.

83763

alarme anti-vol

Centrale d'alarme anti-vol à capteurs multiples et sortie polyvalente

Un circuit d'alarme anti-vol de plus ou de moins, qu'est-ce que ça va changer dans votre vie ? Rien, strictement rien, si vous êtes quelqu'un qui n'a pas pour habitude de forcer les volets ou les portes-vitrées des pavillons endormis aux pâles heures de la nuit. Rien non plus si vous ne montez jamais dans aucune autre voiture que la vôtre, même par inadvertance, je vous le jure, Monsieur l'Agent. Bref, si vous faites partie de la masse en forte diminution des gens honnêtes, ce montage n'est pas fait pour bouleverser votre vie, c'est même tout le contraire, puisque grâce à lui vous dormirez mieux.



Imaginons un instant que vous apparteniez à la gent des virtuoses du rossignol ou plus prosaïquement du pied de biche. Un soir de vadrouille, à peine vous êtes-vous mis à l'ouvrage dans un quartier calme à la lumière d'une pleine lune rousse que retentit un signal d'alarme, déclenché par l'ouverture du soupirail, de la porte ou de la fenêtre que vous avez forcés. La poisse ! Que faites-vous ? Vous détez, ça vaut mieux. Et l'autre zig, là haut, pendant ce temps se rendort tranquille (non sans avoir négligemment remis son circuit d'alarme en état de veille).

Heureux les pauvres qui s'enrichissent...

Si vous êtes pauvre au point de n'avoir rien que l'on puisse vous voler, si par conséquent les alarmes anti-vol en général ne vous intéressent pas (dans ce cas, pourquoi êtes-vous en train de lire ce texte ?), même si par dessus le marché cette alarme en particulier vous intéresse encore moins que les autres (votre jugement est rapide, dites-le !), persévérez. Lisez l'article jusqu'au bout, suivez la description de ce schéma simple dont le fonctionnement est analysé en détail. Vous en ressortirez enrichi.

les capteurs actionnés par la porte, la fenêtre, le volet ou le soupirail sont S2, S3, S4 et ainsi de suite. Peu importe le nombre de ces interrupteurs. Ce qui compte, c'est qu'au repos ils soient fermés de telle sorte que l'émetteur de T2 soit porté au potentiel de la

masse. Les transistors T1 et T2 sont montés en multivibrateur astable, un type de circuit que nous connaissons aussi sous le nom plus évocateur de bascule. L'émetteur de T1 est branché à la masse en permanence. Lors de la mise sous tension, le condensateur

C1 est encore déchargé. Cela a sur la base de T1 le même effet qu'un court-circuit. Avant que ce condensateur ait pu se charger et permettre à T1 de devenir conducteur, un courant de base a pu circuler à travers T2 et celui-ci est devenu conducteur. Le poten-

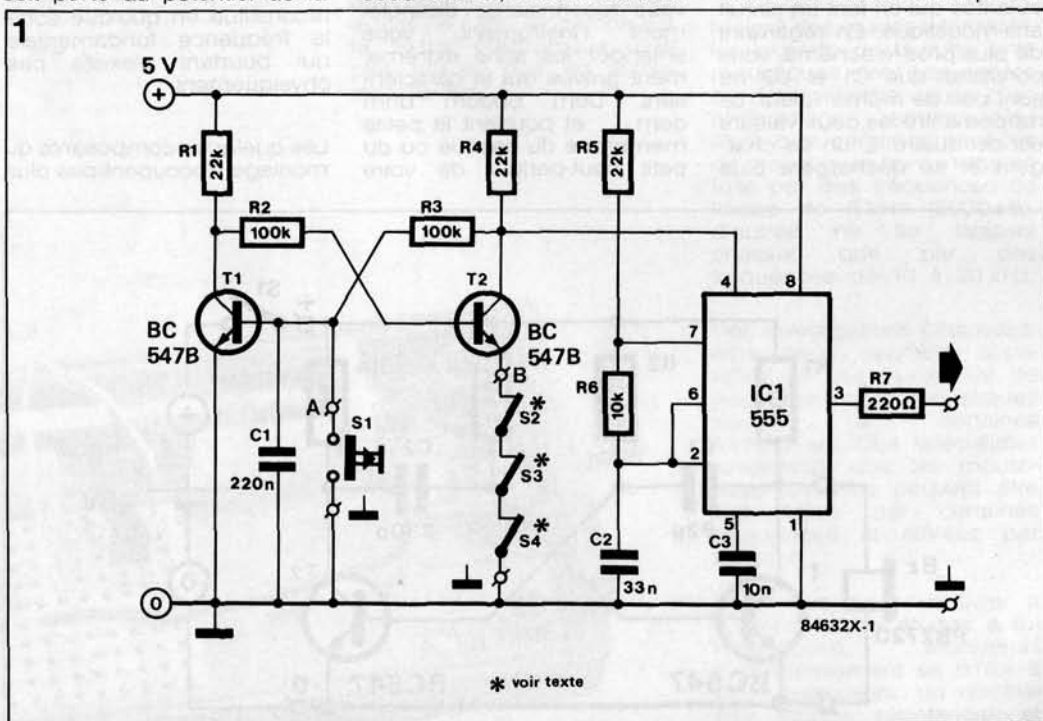


Figure 1 - Le circuit d'alarme proprement dit n'inclut que les deux transistors qui forment la bascule, tandis que le circuit intégré fait office de générateur de signal sonore. On verra sur le schéma de la figure 6 que ce générateur peut être remplacé par un étage de puissance à relais. Le nombre des interrupteurs S2 à S4 pourra être augmenté ou réduit en fonction des circonstances. L'essentiel est qu'au repos ils soient tous fermés.

Un schéma simple

Sur le schéma de la figure 1,

tiel de collecteur de T2 est donc proche de celui de la masse, à condition bien sûr que les interrupteurs S2, S3, S4 soient restés fermés. La broche 4 de IC1 est elle aussi forcée à un niveau bas. Il ne se passe rien. Dormez tranquilles, braves gens.

Si l'un ou plusieurs des interrupteurs S2 à S4 (ou plus) s'ouvre, le potentiel du collecteur de T2 remonte, le transistor T1 se met à conduire, ce qui provoque le blocage de T2. Même si l'interrupteur est refermé rapidement, il sera toujours trop tard pour arrêter l'alarme. La bascule a basculé. Maintenant la broche 4 d'IC1 est portée à un potentiel suffisant pour que le multivibrateur astable (encore un !) réalisé à l'aide du temporisateur 555 et les composants R5, R6, C2 et C3 émette son signal qui est un sifflement strident d'environ 1 kHz de fréquence. Nous verrons dans un instant quoi faire de ce signal.

Revenons pour l'instant à notre bascule basculée. Si nous voulons mettre fin à l'état d'alarme et remettre notre circuit à l'état de veille, il nous suffit d'appuyer sur S1. Quand ce poussoir est fermé, il ne circule plus de courant de base dans T1 et celui-ci se bloque. Du coup c'est T2 qui se remet à conduire. Même quand on relâche S1, T1 reste bloqué à présent par le potentiel bas qui règne au collecteur de T2 (à condition que les interrupteurs S2, S3 et S4 soient tous (re)fermés. La bascule a rebasculé, les voleurs peuvent revenir.

Version simple

Un tel circuit n'a pas que des avantages; l'un de ces inconvénients majeurs est sa consommation de courant qui interdit l'usage d'une pile comme source d'énergie principale. Le schéma de la figure 2 est celui d'une alimentation par le secteur bien adaptée aux besoins. Le transformateur, le redresseur, le condensateur de lissage, le régulateur et les condensateurs de filtrage approvoient la redoutable tension de 220 V pour en faire une docile tension de 5 V que l'on applique directement au circuit de la figure 1. Et à quoi sert cette diode D5 en pointillés? A rien, du moins dans la version simple que nous venons de décrire.

Version de luxe

Même si vous n'avez pas le goût de luxe, vous avez bien raison de lire ce paragraphe car on y explique un aspect intéressant de l'utilisation des régulateurs de tension intégrés. En intercalant le seuil de

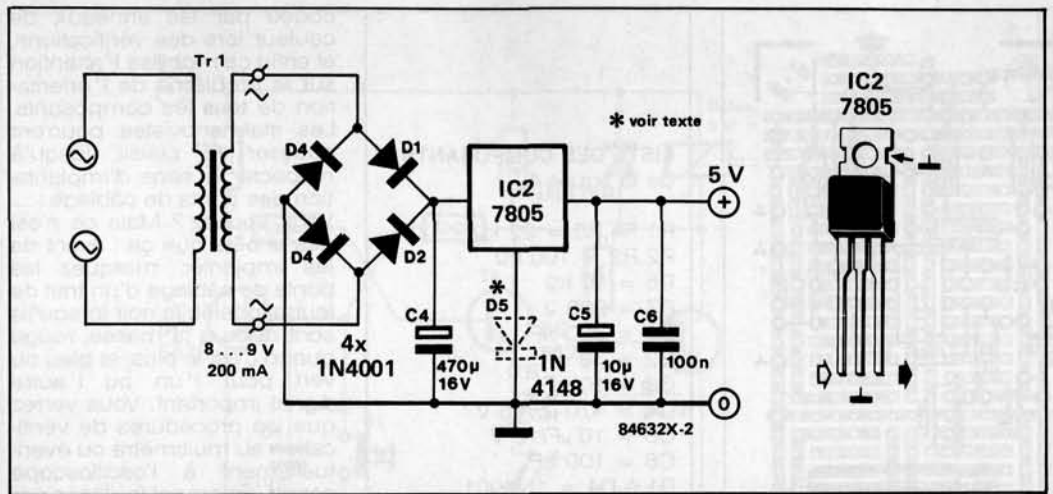


Figure 2 - Circuit d'alimentation stabilisée pour le schéma de la figure 1. La diode D5 n'est implantée que si l'on réalise la version de luxe de la figure 3.

conduction de la diode D5 entre la broche de référence du régulateur et la masse, c'est un peu comme si on montait ce régulateur sur des échasses. On l'éloigne en quelque sorte de 0,7 V de la masse, et du coup sa tension de sortie mesurée par rapport à la masse ne sera plus de 5 V, mais de 5,7 V. Serait-ce pour obtenir un signal d'alarme d'une autre fréquence? Oh, non... Un signal plus fort, alors? Niet. Pour embêter le monde sûrement!

Hum, ne nous énervons pas. Le pendant de la diode D5 de l'alimentation se trouve être une autre diode, à savoir D7, montée en série dans la ligne d'alimentation du circuit de la figure 3. Là vous reconnaissez le circuit d'une bascule (encore une !), mais aussi une pile de 4,5 V. Et vous n'y comprenez sans doute plus rien. Que se passe-t-il avec le circuit de la figure 1 en cas de coupure de courant? Il ne marche plus. Un point c'est tout. Si nous intercalons D7, D8 et la pile entre l'alimentation et le circuit de la figure 1, la pile prendra la relève de l'alimentation stabilisée en cas de coupure de courant. Les diodes D7 et D8 sont indispensables pour découpler les deux sources de courant l'une de l'autre. Et D5, vous le comprenez bien maintenant, compense la chute de tension de 0,7 V environ occasionnée par l'insertion de D7.

La partie luxueuse de la figure 3, c'est l'indicateur lumineux que constitue la LED D6, commandée par les deux transistors. Voyons comment fonctionne cet étage à la lumière de ce que nous avons appris précédemment sur la bascule T1/T2. A la mise sous tension, C7 est déchargé et T3 ne peut pas devenir conducteur aussitôt. La base de T4 est polarisée à travers D6, R8 et R10, et ce

transistor se met à conduire, tout en forçant la base de T3 au niveau bas. La LED reste éteinte. Si vous voulez qu'elle s'allume, il faut appuyer sur S2; aussitôt T4 se bloque et c'est T3 qui conduit. La bascule a basculé et la LED s'allume pour indiquer que la tension d'alimentation est présente. Tout est normal.

Si la tension d'alimentation vient à disparaître, la LED s'éteindra forcément, puisqu'il n'y circulera plus de courant. Si la tension revient, la LED reste éteinte, car c'est T4 qui est de nouveau conducteur alors que T3 est bloqué et le restera tant que l'on n'appuie pas sur S2. Nous savons dès lors que la tension d'alimentation avait disparu; il convient de vérifier l'état de la pile qui s'est probablement déchargée.

La réalisation

Vous savez à présent pourquoi il y a deux plans d'implantation des composants; la version de luxe sur la figure 5, et la version simple sur la figure 4. A vous de choisir, dans un cas comme dans l'autre, la démarche à suivre est la même : ponts de câblage, résistances, condensateurs, diodes, transistors, circuits intégrés. Vous n'ignorez pas qu'il faut accorder le plus grand soin au sens dans lequel on implante les diodes et les condensateurs polarisés. Nous vous suggérons d'ailleurs de prendre l'habitude d'implanter les résistances en veillant à ce qu'elles soient elles aussi toutes orientées dans le même sens. D'abord, c'est plus joli, ensuite ça facilite la lecture de leur valeur

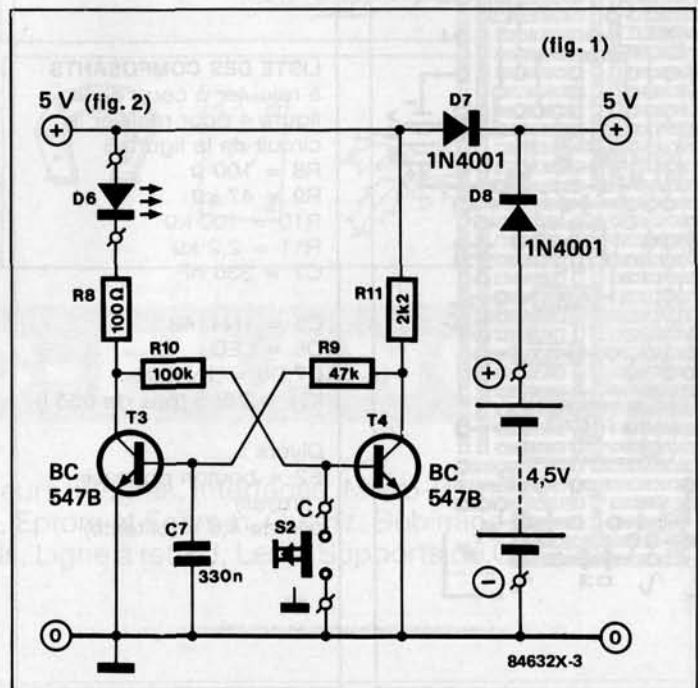


Figure 3 - Quand la tension d'alimentation vient à disparaître à cause d'une coupure de courant par exemple, la pile prend la relève. La bascule T3/T4 commande la LED D6 de telle sorte que celle-ci ne se rallume plus après une coupure de tension.

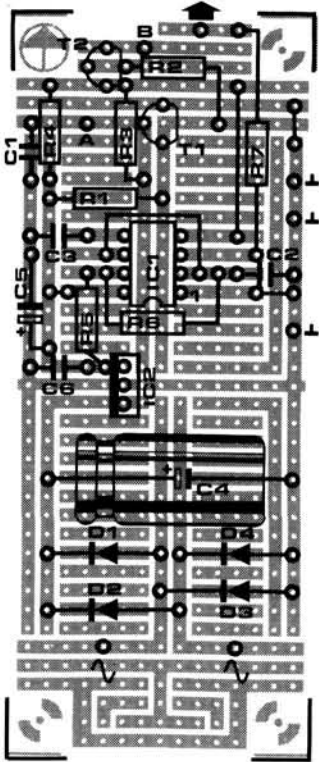


Figure 4 - Dans sa version simple des figures 1 et 2 le circuit tient largement sur une platine d'expérimentation de petit format.

LISTE DES COMPOSANTS de la figure 4

R1, R4, R5 = 22 kΩ
 R2, R3 = 100 kΩ
 R6 = 10 kΩ
 R7 = 220 Ω
 C1 = 220 nF
 C2 = 33 nF
 C3 = 10 nF
 C4 = 470 μF/16 V
 C5 = 10 μF/16 V
 C6 = 100 nF
 D1 à D4 = 1N4001
 T1, T2 = BC547B
 IC1 = 555 ou 7555
 IC2 = 7805

Divers :

S1 = bouton poussoir (travail)
 S2 à S4 = interrupteur (cf texte)
 Tr = transformateur d'alimentation 8 à 9 V/200 mA
 1 platine d'expérimentation de format 1 environ 15 picots (Ø1,2 mm)
 fil de câblage

codée par les anneaux de couleur lors des vérifications, et enfin ça mobilise l'attention sur le problème de l'orientation de **tous** les composants. Les stakhanovistes pourront pousser le plaisir jusqu'à respecter le sens d'implantation des ponts de câblage. . . Vous souriez ? Mais ce n'est pas si bête que ça : avant de les implanter, marquez les ponts de câblage d'un trait de feutre indélébile noir lorsqu'ils sont reliés à la masse, rouge quand c'est le plus, et bleu ou vert pour l'un ou l'autre signal important. Vous verrez que les procédures de vérification au multimètre ou éventuellement à l'oscilloscope seront largement facilitées par de tels préparatifs.

Pour les condensateurs comme C4 et C5, vous savez que la barre noire du symbole correspond à l'électrode négative, reliée au fût du condensateur. La cathode des diodes et des LED, c'est aussi la barre noire du symbole de ces composants. Sur la diode elle-même, l'anneau de couleur indique le côté de la cathode. Sur la LED, il y a un méplat du côté de la cathode.

Pour le circuit intégré IC1, vous utiliserez un support à 8 broches, implanté de telle sorte que sa broche 1 soit tournée du côté de C4. Même si la polarité d'un support de circuit intégré n'existe pas en tant que telle, il est important de respecter en l'implantant le sens du circuit intégré qui

devra y être monté ultérieurement. A propos d'IC1, vous noterez, comme l'indique la liste des composants, que pour la version de luxe, seul le type 7555 (version CMOS du 555) est utilisable, alors que la version normale accepte aussi le 555 ordinaire.

Pour IC2 il n'y a pas de support. La barre noire du symbole sur le plan d'implantation des figures 4 et 5 correspond à la face métallique, c'est-à-dire le radiateur du régulateur intégré. Il n'est pas nécessaire de rajouter un radiateur à ailettes. Pour vous faciliter la vérification du fonctionnement du circuit, nous avons préparé pour vous le **tableau 1** qui réunit les points de test essentiels. Les valeurs que vous relèverez sur votre exemplaire du circuit peuvent différer de plus ou moins 10% par rapport aux valeurs indiquées. La valeur de la tension non stabilisée relevée sur C4 peut même être sensiblement plus forte que la valeur indiquée sans que cela relève d'un défaut.

Les capteurs

Pour le choix des interrupteurs S2 à S4 nous n'avons d'autre directive à donner que celle du contact fermé au repos. Il pourra s'agir par exemple d'un ou plusieurs boutons poussoirs (contact au repos !) sur lesquels on pose l'objet à protéger. Dès qu'on

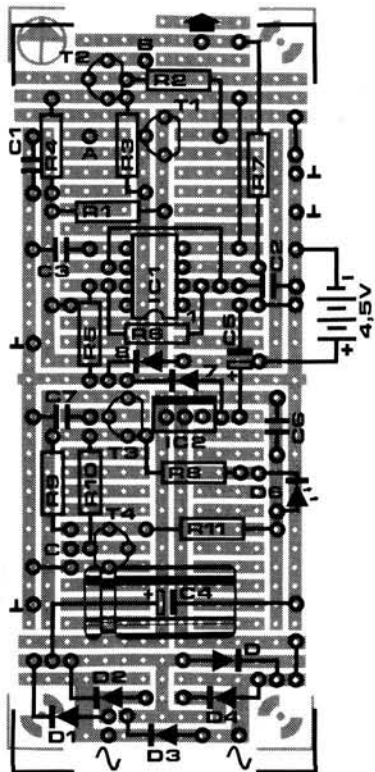


Figure 5 - La place est comptée sur une petite platine d'expérimentation pour le circuit dans sa version de luxe.

LISTE DES COMPOSANTS

à rajouter à ceux de la figure 4 pour réaliser le circuit de la figure 5
 R8 = 100 Ω
 R9 = 47 kΩ
 R10 = 100 kΩ
 R11 = 2,2 kΩ
 C7 = 330 nF
 D5 = 1N4148
 D6 = LED
 D7, D8 = 1N4001
 IC1 = 7555 (pas de 555 !)

Divers :

S2 = bouton poussoir (travail)
 pile de 4,5 V (cf texte)

La tension de service indiquée sur les condensateurs chimiques utilisés sera égale ou supérieure à la valeur spécifiée dans la liste des composants.

point de mesure	valeur (V)	conditions
C4	10	
C5	5,7	D5 implantée
C5	5,0	sans D5
collecteur de T3 de T4	env. 0 5,7	quand D6 est allumée
collecteur de T3 de T4	4,5 env. 0	quand D6 est éteinte
cathode D7/D8	5,0	sans pile
IC1 Ø8	5,0	
collecteur de T1 de T2 IC1 Ø3	4,5 env. 0 env. 0	alarme en veille
collecteur de T1 de T2 IC1 Ø3	env. 0 4,5 env. 3,5%	alarme en service

% A ce point on relève un signal carré d'une fréquence de 1 kHz. En mesurant avec un multimètre en calibre continu on obtient l'indication d'une valeur moyenne de 3,5 V environ.

déplace l'objet et que l'un des poussoirs s'ouvre, l'alarme se met en service. Ces contacts pourront aussi être des ILS (vous vous souvenez des interrupteurs à lame souple) ou relais Reed associés à des aimants permanents. Un tube de verre étroit contient un contact à lamelle actionné par un aimant. Tant que celui-ci reste au voisinage immédiat du tube de verre, le contact reste fermé. Dès que l'aimant s'éloigne, le contact s'ouvre et l'alarme... Ce type de capteur est très utile pour surveiller portes et fenêtres : le tube est fixé sur le dormant de la fenêtre ou de la porte, et l'aimant permanent sur la partie mobile. Il convient également pour d'autres pièces mobiles comme par exemple un tiroir. La mode des alarmes domestiques a favorisé le développement de ces capteurs électromécaniques dont on trouve désormais une grande variété chez les commerçants spécialisés.

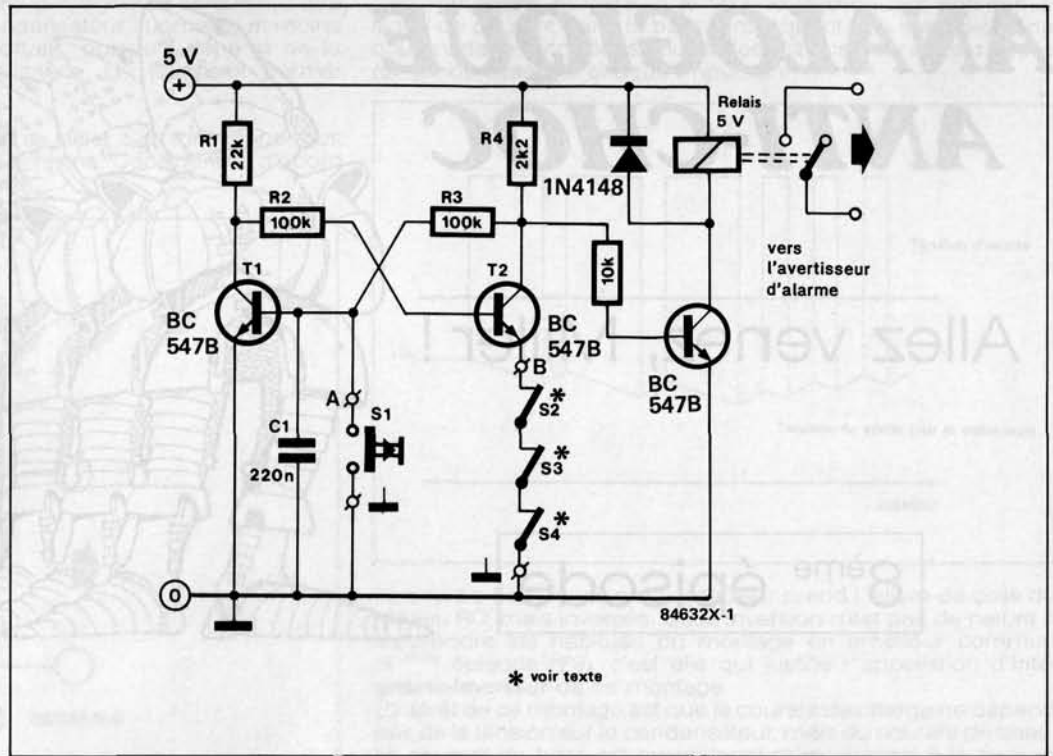


Figure 6 - Avec un relais à la place du générateur de signaux carrés IC1 de la figure 1 il devient possible de commander toutes sortes d'avertisseurs sonores ou lumineux à la convenance de chacun.

Le signal d'alarme

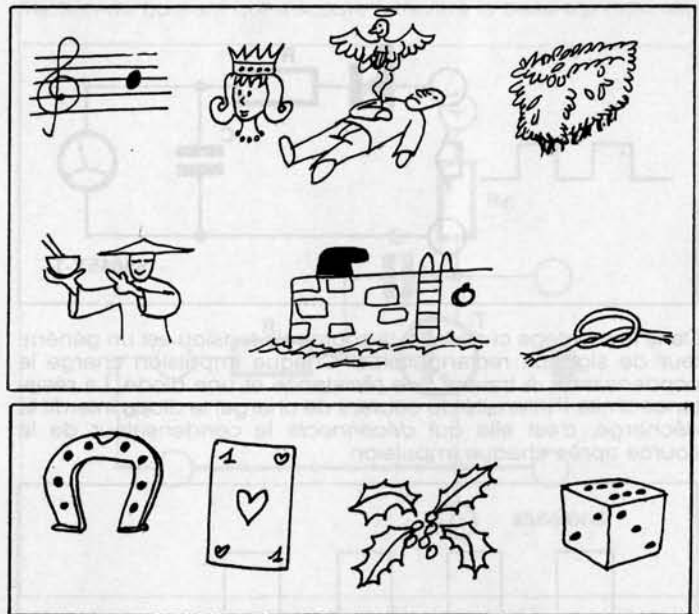
L'amplificateur de poche universel (CANARI) présenté dans ELEX est un circuit complémentaire bien adapté à notre mini-centrale d'alarme. On peut attaquer directement l'entrée de ce circuit avec le signal de sortie d'IC1. Vous pouvez bien entendu attaquer d'autres circuits d'amplification que celui-là, ou opter pour un autre type de signal d'alarme. Dans ce cas, nous vous proposons comme le montre la figure 6 de supprimer IC1 pour le remplacer par un étage de puissance à relais avec lequel vous pouvez commander au choix un avertisseur sonore ou lumineux, ou les deux à la fois. Une sirène, un gyrophare, à vous de voir. Vous remarquerez que la valeur de R4 est la seule chose qui change dans le circuit par rapport au schéma de la figure 1.

L'alimentation de secours

Il n'est pas indispensable d'implanter une pile plate de 4,5 V. Trois cellules R6, R14 ou R20 de 1,5 V montées en série font tout aussi bien l'affaire, surtout s'il s'agit de piles alcalines.

NB: L'efficacité de ce circuit n'est garantie que si l'ouïe des voleurs, casseurs et autres monte-en-l'air visés est encore parfaite. Pour les sourds et les malentendants, prévoir un sous-titrage en braille.

84632



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.

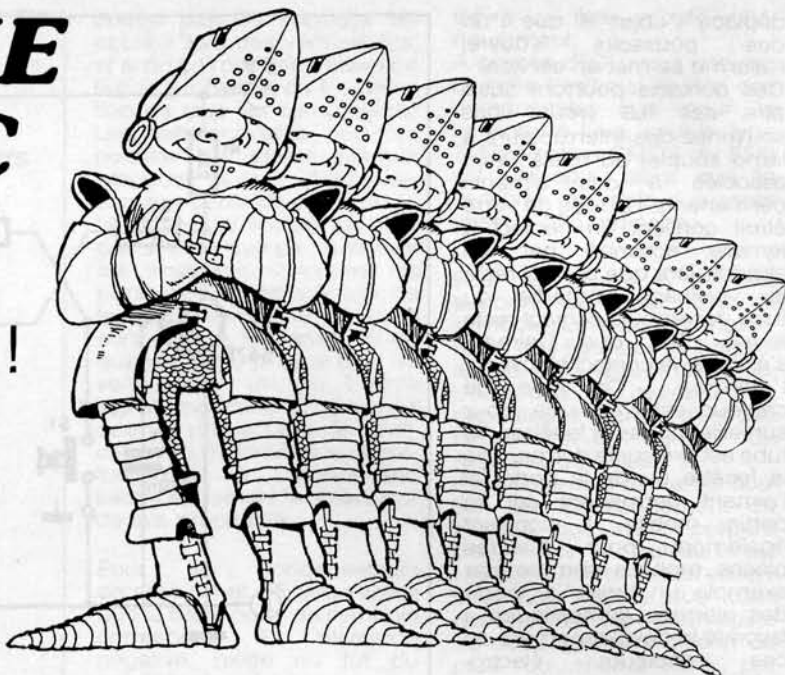
Bon à découper pour recevoir le catalogue général
Nom _____
Adresse _____
Envoi : Franco 35 F - Vendu également au magasin

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.

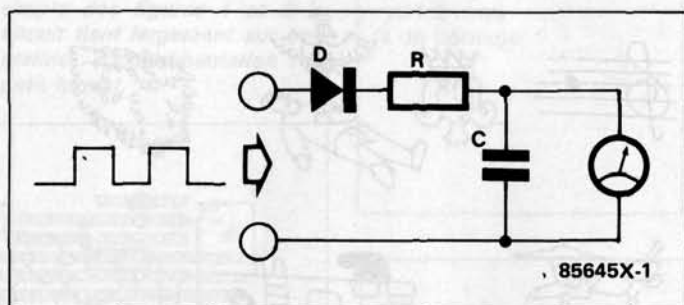
ANALOGIQUE ANTI-CHOC

Allez venez, Miller !

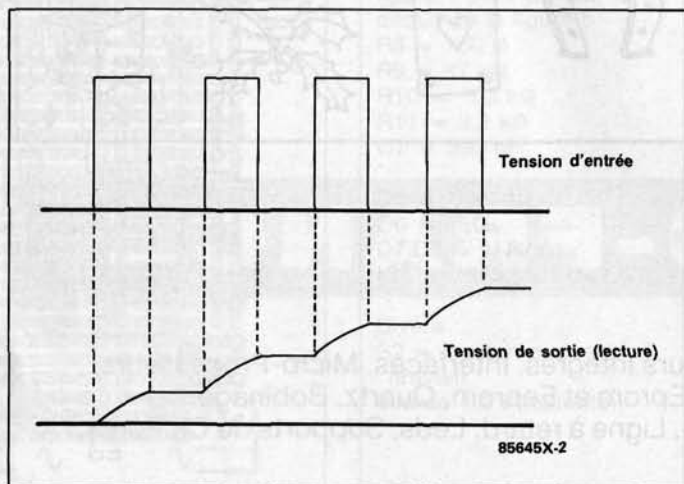
8^{ème} épisode



Les condensateurs ont la propriété de se charger et de continuer à présenter une tension entre leurs armatures, après avoir été déconnectés de la source de tension. C'est ce qui permet de dire que le condensateur garde la **mémoire** de la tension.

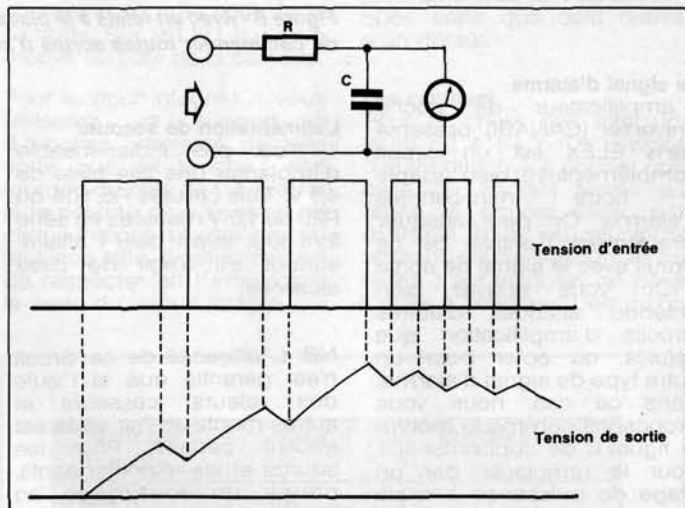


Dans le montage ci-dessus, la source de tension est un générateur de signaux rectangulaires. Chaque impulsion charge le condensateur, à travers une résistance et une diode. La résistance limite l'intensité du courant de charge, la diode interdit la décharge, c'est elle qui *déconnecte* le condensateur de la source après chaque impulsion.

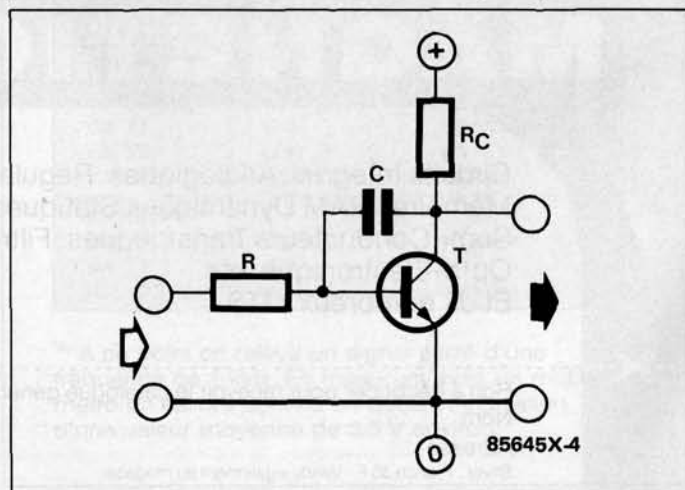


La courbe supérieure représente les impulsions, la courbe inférieure la tension aux bornes du condensateur. L'indication du voltmètre croît au fur et à mesure que des impulsions sont appliquées. En quelque sorte le voltmètre **compte** les impulsions.

Le montage de la **figure 3** ne comporte pas de diode, ce qui permet au condensateur de se décharger à travers la résistance pendant les pauses du signal d'entrée.

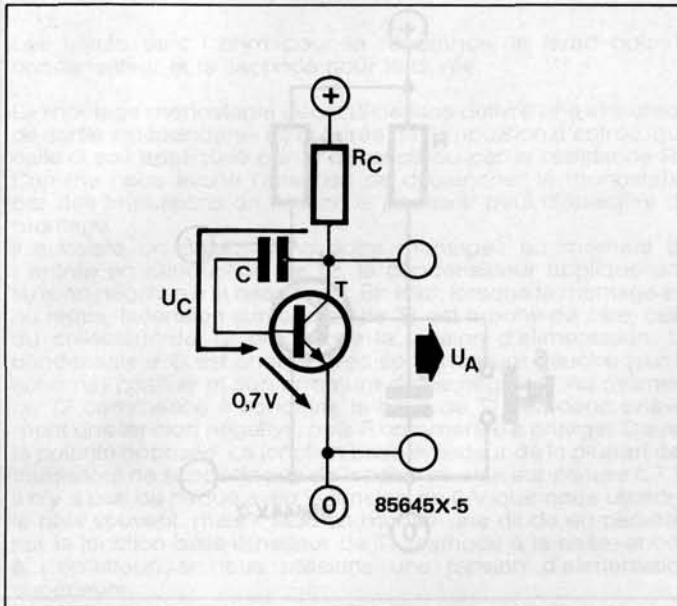


L'indication du voltmètre est maintenant une sorte de *moyenne* de la tension d'entrée. Ce montage est un **intégrateur**. La valeur de la tension dépend du nombre des impulsions, mais aussi de leur amplitude et de leur durée. Imaginons un montage dans lequel les impulsions seraient toutes de même durée et de même amplitude : la tension ne dépendrait plus alors que du nombre d'impulsions par unité de temps, c'est-à-dire de la **fréquence**. Nous avons réinventé le fréquencesmètre. L'adaptateur destiné à convertir un multimètre en fréquencesmètre présenté dans le n°10 fonctionne selon ce principe.



Les caractéristiques de notre circuit intégrateur sont loin d'être optimales. Plus la tension du condensateur augmente et moins le courant de charge est important, puisqu'il dépend de la tension aux bornes de la résistance. Un transistor permet d'améliorer le montage.

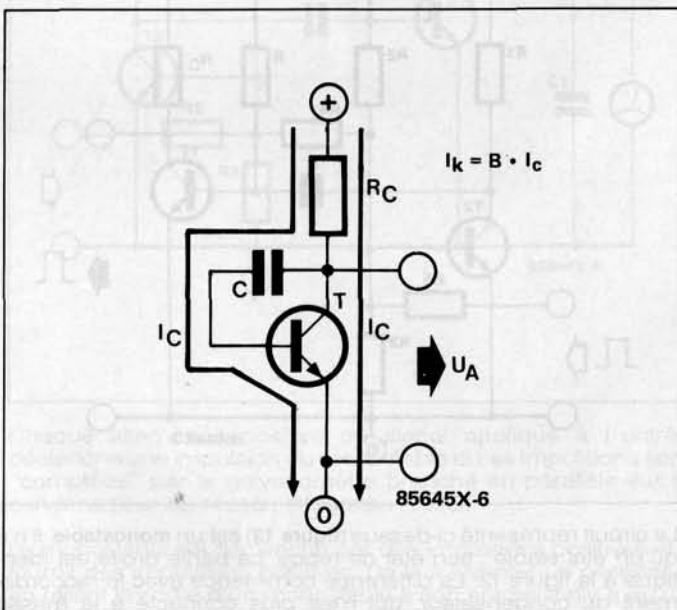
Ce montage s'appelle **intégrateur de Miller**. Son fonctionnement est un peu moins simple que le schéma. Considérons d'abord qu'il n'y a pas de tension d'entrée.



La tension de sortie est égale à la somme de la tension de seuil base-émetteur et de la tension du condensateur.

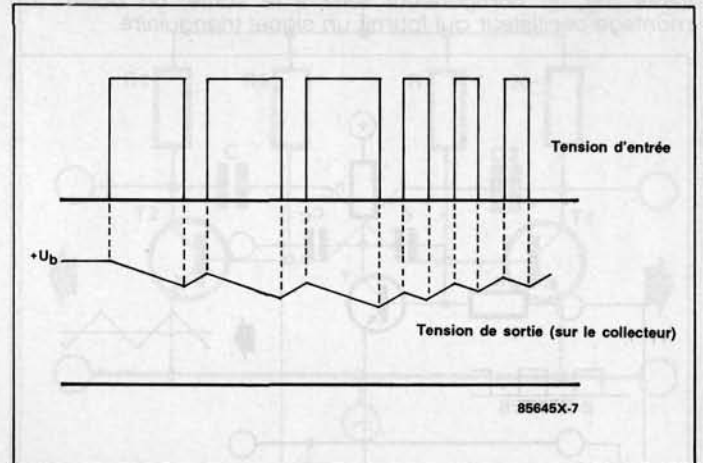
$$U_E = U_C + 0,7 \text{ V}$$

Habités que nous sommes, ou que nous commençons à être, des semiconducteurs, nous négligeons la tension de seuil et considérons que la tension de sortie est égale à la tension du condensateur. En comparant ce circuit à l'intégrateur RC de la figure 3, nous constatons que le courant de charge du condensateur ne provient plus de la résistance d'entrée (résistance de base), mais du pôle positif de l'alimentation, à travers la résistance de collecteur.



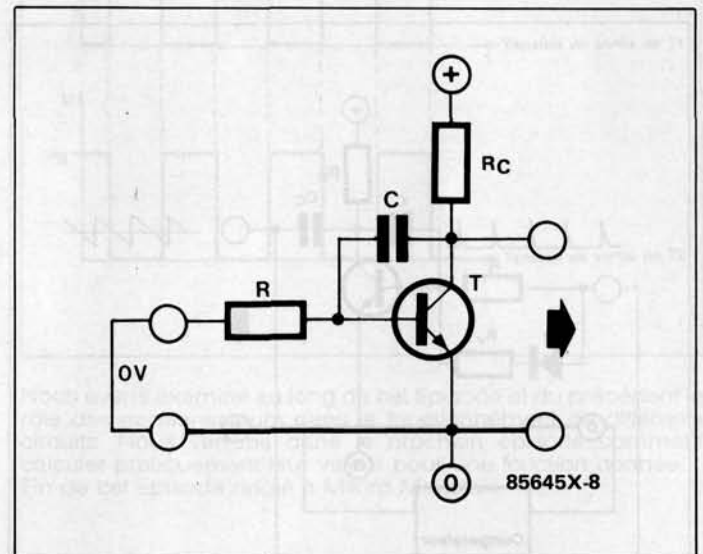
Ce courant de charge obéit au courant de base, et il est amplifié par le transistor. Comme le collecteur draine un courant à travers la résistance de collecteur, il ne reste pour la charge du condensateur qu'une petite fraction de l'intensité totale. Donc en l'absence de tension d'entrée, la tension du condensateur croît lentement, ce qui permet de la considérer comme constante sur un intervalle de temps court. A la longue, elle atteint la tension d'alimentation et le courant de collecteur s'annule.

Des impulsions de tension à l'entrée, provoquant des impulsions de courant dans la base, provoquent des impulsions de courant dans le condensateur. Il s'ensuit une décharge partielle du condensateur à chaque impulsion.

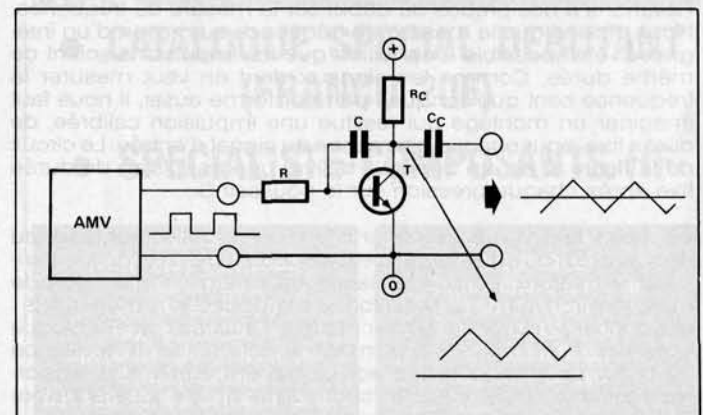


La courbe de la tension de collecteur prend l'allure de celle du réseau RC, mais inversée. Cette inversion n'est pas de nature à surprendre les habitués du montage en émetteur commun (4^{ème} épisode n°9), c'est elle qui justifie l'appellation d'**intégrateur-inverseur** de ce montage.

L'intérêt de ce montage est que le courant de charge ne dépend pas de la tension sur le condensateur, mais du courant de base. Le courant de base est exactement proportionnel à la tension d'entrée puisqu'il ne dépend que de la valeur de la résistance d'entrée (fixe) et de la tension de seuil de la jonction base-émetteur du transistor (fixe elle aussi). Pendant les pauses de la tension d'entrée (quand la tension est nulle), le condensateur se décharge. Le transistor intervient peu dans la décharge, car la fraction du courant qui s'écoule à travers la base est minime.

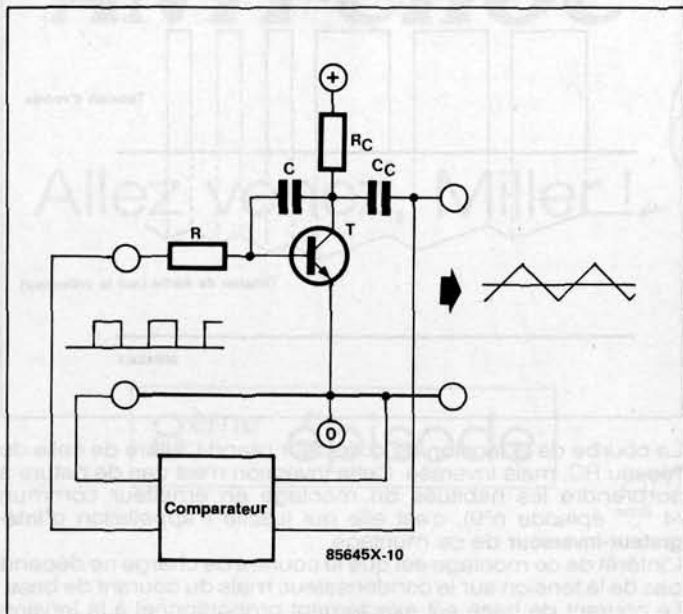


L'intégrateur de Miller transforme les fronts raides des impulsions rectangulaires en segments obliques. Si les durées de pause et d'impulsion sont égales, la tension obtenue est dite **triangulaire**.

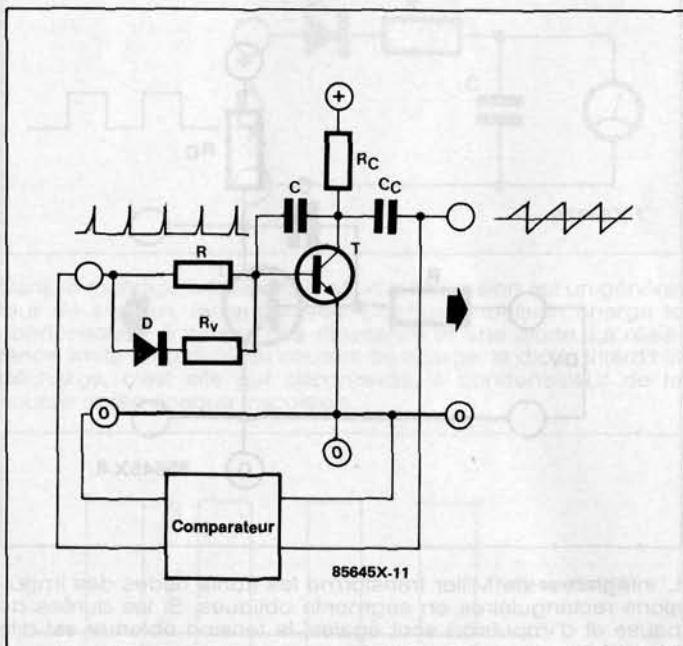


Le condensateur de sortie C_S **découple** la tension de sortie alternative de la tension continue.

En remplaçant à l'entrée le générateur de signaux rectangulaires par un comparateur relié à la sortie, on obtient un montage oscillateur qui fournit un signal triangulaire.



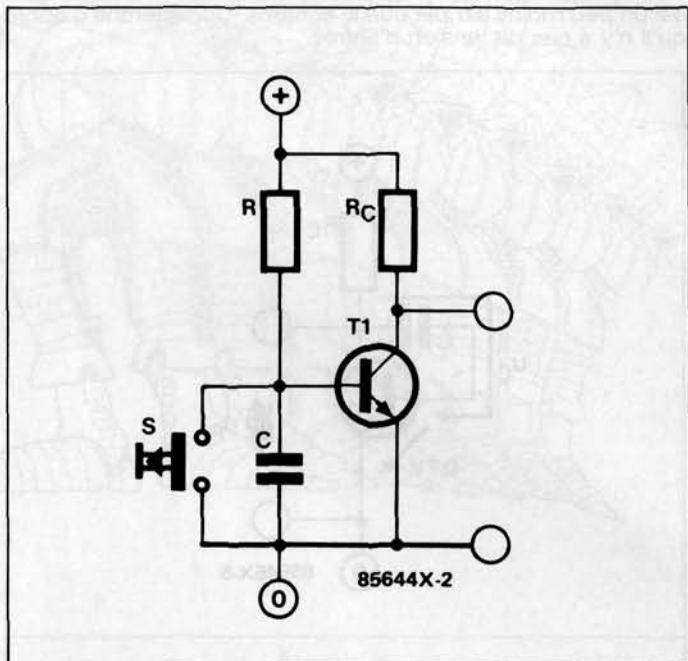
La diode du montage suivant permet d'obtenir une décharge brutale et quasi-instantanée du condensateur, alors que la charge reste progressive. La charge est permise par une résistance importante, alors que la décharge est provoquée par une résistance très faible. Il en résulte en sortie un signal triangulaire déformé au point de représenter une **dent de scie**.



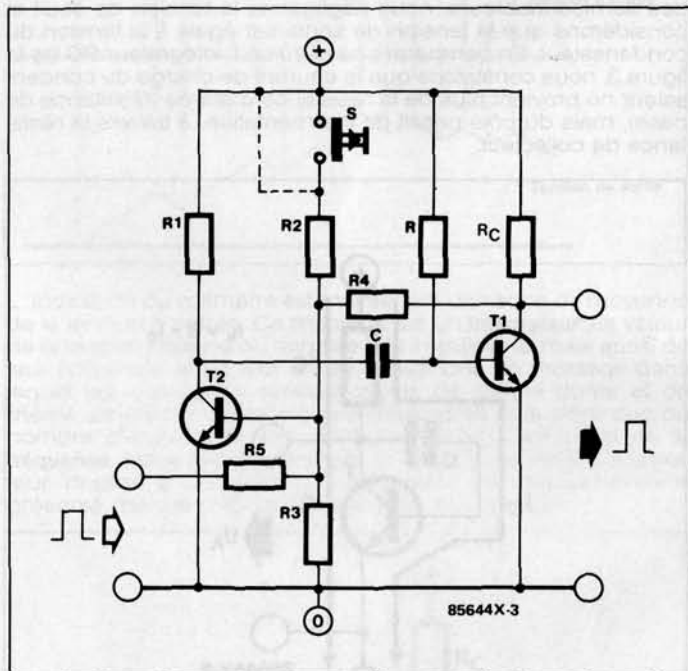
Revenons à nos propos du début sur la mesure de fréquence. Nous disions que la mesure de fréquence au moyen d'un intégrateur était possible à condition que les impulsions soient de même durée. Comme les signaux dont on veut mesurer la fréquence sont quelconques par leur forme aussi, il nous faut imaginer un montage qui restitue une impulsion calibrée, de durée fixe, pour chaque alternance du signal d'entrée. Le circuit de la **figure 12** est un début : il délivre une impulsion de durée fixe après chaque pression sur le poussoir S.

Au repos, le circuit présente une tension de collecteur nulle (au déchet près) puisque la base est alimentée par R et que le transistor est saturé. Le condensateur est chargé à la tension de base, environ 0,7 V. La pression sur le poussoir a deux effets : elle décharge le condensateur par le court-circuit, et elle bloque le transistor en dérivant à la masse le courant de la résistance de base. La tension du collecteur devient égale à la tension d'alimentation puisqu'aucun courant ne circule plus à travers R_C .

Au relâchement du poussoir, le courant qui traverse la résistance R charge le condensateur C. L'épisode précédent nous avait permis de faire connaissance avec la formule qui permet de calculer le temps qui s'écoule avant que la tension atteigne une valeur donnée. La valeur qui nous intéresse ici est 0,7 V. Dès que la tension du condensateur, donc celle de la base atteint



0,7 V, le transistor redevient conducteur et sa tension de collecteur retombe à zéro. Le temps de charge est une fonction de la valeur de R et de C, on l'appelle constante de temps du réseau RC. Le but n'est pas encore atteint car l'impulsion positive de sortie comprend la durée de la pression sur le poussoir. Nous devons nous débarrasser de cette incertitude, d'autant plus qu'il n'est guère possible d'appuyer cinquante fois par seconde sur un poussoir pour mesurer la fréquence du secteur.



Le circuit représenté ci-dessus (**figure 13**) est un **monostable**. Il n'a qu'un état stable : son état de repos. La partie droite est identique à la figure 12. La différence commence avec le raccordement du condensateur, qui n'est plus connecté à la masse directement, mais par l'intermédiaire du transistor T2. L'entrée en conduction de T2 résultera de chaque impulsion positive appliquée à la base par l'intermédiaire de R5, ou par le poussoir S et R2. Dès que T2 conduit, la tension de base de T1 s'annule puisque C est déchargé et se comporte pendant un temps très court comme un court-circuit. La tension du collecteur de T1 prend la valeur de la tension d'alimentation, c'est le début de l'impulsion positive de sortie. Pendant toute la durée de l'impulsion de sortie, T2 reste conducteur puisque sa base reçoit maintenant du courant par R_C et R4.

Lorsque le temps de charge de C par R est écoulé, la tension de la base de T1 atteint 0,7 V, la tension de collecteur de T1 repasse à zéro, celle de T2 reprend la valeur de la tension d'alimentation.

La durée de l'impulsion du monostable, ou **pseudo-période** est égale à :

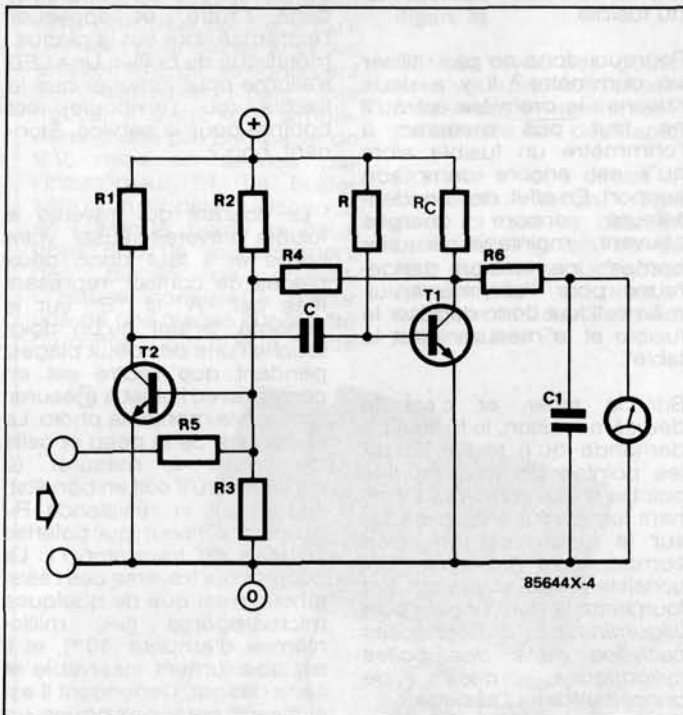
$$T = 0,7 \cdot R \cdot C$$

Les unités sont l'ohm pour la résistance, le farad pour le condensateur et la seconde pour la durée.

Le montage monostable décrit ci-dessus délivre une impulsion de sortie indépendante de la durée de l'impulsion d'entrée, que celle-ci soit appliquée par le poussoir ou par la résistance R5. Comme nous avons l'intention de déclencher la monostable par des impulsions de tension le poussoir peut disparaître du montage.

Il subsiste un défaut dans notre montage : au moment de l'entrée en conduction de T2, le condensateur applique une tension négative à la base de T1. En effet, lorsque le montage est au repos, la tension sur la base de T1 est proche de zéro, celle du collecteur de T2 proche de la tension d'alimentation. Le condensateur C est chargé avec son armature gauche (sur le schéma) positive et son armature droite négative. Au moment où T2 commence à conduire, la base de T1 voit donc brièvement une tension négative, puis R commence à charger C avec la polarité opposée. La jonction base-émetteur de la plupart des transistors ne supporte pas de tension inverse supérieure à 7 V ; il n'y a pas de risque avec la tension de 9 V que nous utilisons le plus souvent, mais il faudrait monter une diode en parallèle sur la jonction base-émetteur de T1 (cathode à la base, anode à l'émetteur) si nous utilisons une tension d'alimentation supérieure.

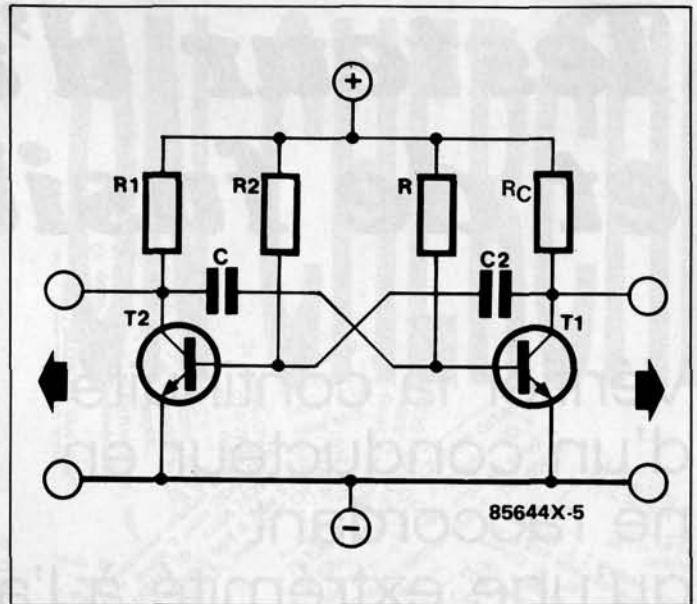
Notre fréquencemètre commence à prendre forme :



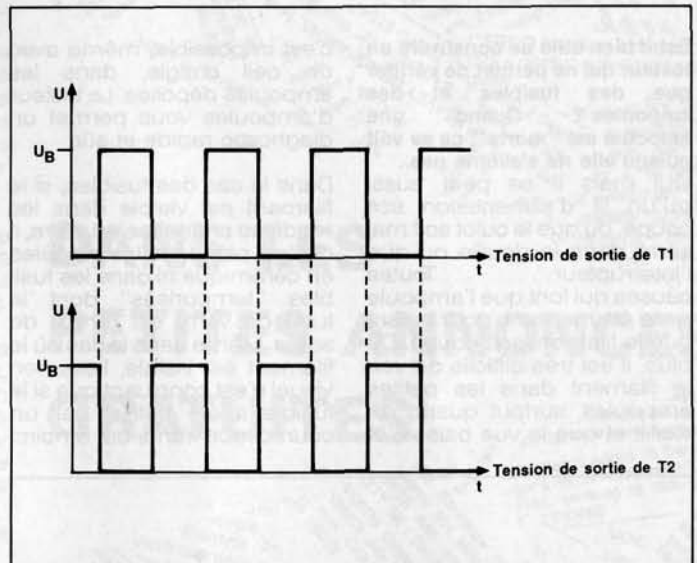
Chaque alternance positive du signal appliqué à l'entrée déclenche une impulsion du monostable et ces impulsions sont "comptées" par le galvanomètre branché en parallèle sur le condensateur du réseau intégrateur R6/C1.

Le monostable est déclenché par des impulsions positives et il fournit des impulsions positives. De là à inventer un oscillateur en reliant la sortie d'un monostable à son entrée, il n'y a qu'un pas :

La résistance R4 a été remplacée par le condensateur C2 et le réseau diviseur d'entrée R5/R3 supprimé. Le montage est devenu symétrique, chaque moitié est un monostable qui déclenche l'autre à la fin de son impulsion. Le circuit oscille, il n'a pas d'état stable et on l'appelle —allez savoir pourquoi— **multivibrateur stable**. Il comporte deux sorties en opposition de phase : la tension de l'une est élevée pendant que celle de l'autre est basse. On dit que le déphasage est de 180°.



La tension qui règne entre les deux collecteurs est une tension alternative égale à la différence entre les deux tensions de sortie.



Nous avons examiné au long de cet épisode et du précédent le rôle des condensateurs dans le fonctionnement de différents circuits. Nous verrons dans le prochain épisode comment calculer pratiquement leur valeur pour une fonction donnée. Fin de cet épisode dédié à Milord Moustaki.

CC **CHOLET COMPOSANTS ELECTRONIQUES**

● **CATALOGUE SPECIAL DEBUTANT (FRANCO 20F)**

● **SPECIALISTE COMPOSANTS HF**

MAGASIN:
NOUVELLE ADRESSE
1 rue du Coin
Tél.: 41.62.36.70
Fax: 41.62.25.49
Spécialiste de la Vente par
Correspondance:
B.P.435-49304 CHOLET Cedex

BOUTIQUE:
2, rue Emilio Castelar
75012 PARIS -
Tél.: 43.42.14.34
M° Ledru-Rollin
ou Gare de Lyon

Testeur d'ampoules et de fusibles

Vérifier la continuité d'un conducteur en ne raccordant qu'une extrémité à l'appareil de mesure ? Oui c'est possible !



Est-il bien utile de construire un testeur qui ne permet de vérifier que des fusibles et des ampoules ? Quand une ampoule est "morte", ça se voit puisqu'elle ne s'allume pas.

Oui mais il se peut aussi qu'un fil d'alimentation soit coupé, ou que le culot soit mal serré dans la douille ou que l'interrupteur... Toutes causes qui font que l'ampoule reste éteinte, sans pour autant que le filament soit coupé. De plus, il est très difficile de voir le filament dans les petites ampoules, surtout quand on vieillit et que la vue baisse, et

c'est impossible, même avec un oeil d'aigle, dans les ampoules dépolies. Le testeur d'ampoules vous permet un diagnostic rapide et sûr.

Dans le cas des fusibles, si le filament est visible dans les modèles ordinaires en verre, il ne l'est pas dans les modèles en céramique ni dans les fusibles "temporisés" dont le tube de verre est rempli de sable. Même dans le cas où le filament est visible, l'examen visuel n'est concluant que si le fusible a été détruit par un court-circuit franc, qui a noirci

le tube. Le fusible peut avoir été détruit par une surcharge minime mais de longue durée, qui ne laisse aucune trace. Il n'y a alors que l'ohmmètre pour vérifier l'état du fusible.

Pourquoi donc ne pas utiliser un ohmmètre ? Il y a deux raisons : la première est qu'il ne faut pas mesurer à l'ohmmètre un fusible alors qu'il est encore dans son support. En effet, des condensateurs encore chargés peuvent maintenir à ses bornes une tension dangereuse pour l'ohmmètre lui-même. Il faut donc déposer le fusible et le mesurer "sur la table".

Sur la table, et c'est la deuxième raison, le fusible ne demande qu'à rouler. Poser les pointes de touches (les pointes métalliques qui terminent les cordons de mesure) sur le fusible est un sport comparable à celui qui consiste à vouloir piquer à la fourchette le dernier petit pois (légumineuses, papilionacées cultivées dans des boîtes cylindriques dites de conserve) dans l'assiette.

Notre testeur vous dispense de vous faire pousser ou greffer une troisième main, il ne comporte qu'une seule "pointe" de touche, qui est plutôt une *plage* de touche, l'autre étant remplacée par... votre main.

conducteur de l'électricité. Il est assez inhabituel mais la mesure elle-même est un jeu d'enfant : prendre le boîtier dans une main, une extrémité du fusible (ou de l'ampoule) dans l'autre, et appliquer l'extrémité libre sur la plaque métallique du boîtier. Une LED s'allume pour indiquer que le fusible (ou l'ampoule) est bon(ne) pour le service. Étonnant, non ?

Le courant qui traverse le fusible traverse aussi votre corps et il faut donc deux plages de contact, représentées par "A" et "B" sur le schéma. Il faut qu'un doigt touche l'une des deux plages, pendant que l'autre est en contact avec l'objet à mesurer, comme le montre la photo. La résistance de la peau et celle de l'objet à mesurer (à condition qu'il soit en bon état) constituent la résistance R_v du pont diviseur qui polarise la base du transistor T1. Le courant qui traverse ces résistances n'est que de quelques microampères (μA), millièmes d'ampère, 10^{-6} , et il est absolument insensible et sans danger. Cependant il est suffisant pour provoquer un courant de collecteur dans T1. Ce courant de collecteur traverse la base de T2 et détermine un courant de collecteur suffisant pour allumer la LED D1. L'intensité du courant de la LED est limitée à une vingtaine de milliampères par la résistance R4. L'éclairement de la LED signifie qu'un courant traverse T2, donc qu'un courant traverse T1, donc que le fusible ou l'ampoule laisse passer un courant.

Si au contraire le filament, de la lampe ou du fusible, est coupé, aucun courant ne les traverse et la LED reste éteinte.

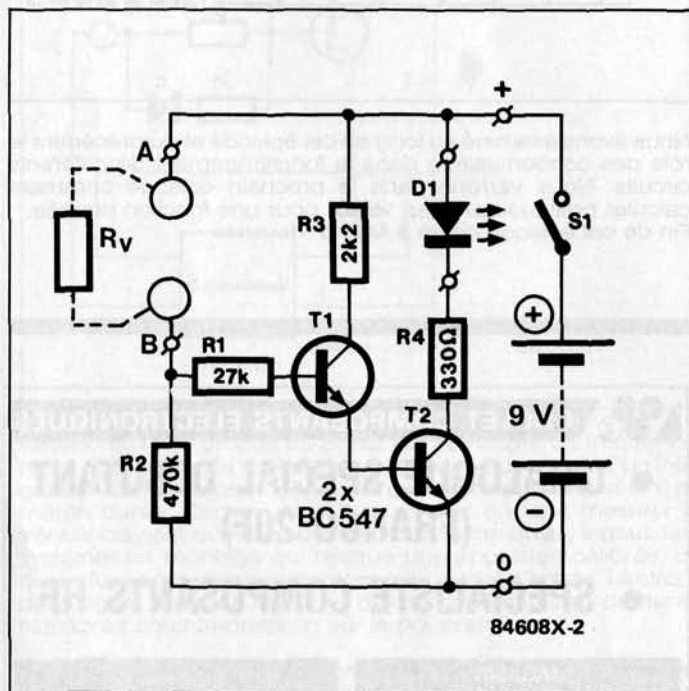
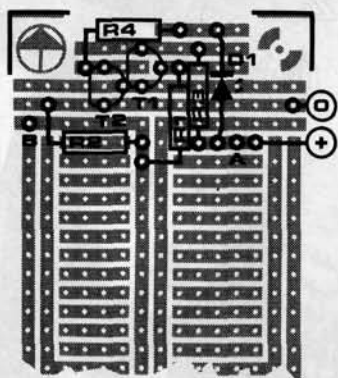


Figure 1 - Ne cherchez pas la position de la résistance R_v sur le plan d'implantation. Elle est constituée par la résistance du filament à tester en série avec celle de votre corps. Le montage des transistors ne constitue pas un véritable darlington car les collecteurs ne sont pas reliés ensemble; le gain en courant de l'ensemble est cependant considérable.

Un circuit conçu pour une manipulation rapide

Le principe de fonctionnement du testeur utilise le fait que le corps humain est



LISTE DES COMPOSANTS

- R1 = 27 k Ω
- R2 = 470 k Ω
- R3 = 2,2 k Ω
- R4 = 330 Ω
- T1, T2 = BC 547
- D1 = LED rouge

Divers :

- S1 = interrupteur marche-arrêt
- 1 platine d'expérimentation de format 1

Figure 2 - Les quelques composants du montage n'occupent qu'une petite partie de la platine. Les points A et B sont à relier aux capteurs extérieurs, sans aucune contrainte de polarité.

La réalisation

Comme la platine standard offre bien plus de place qu'il n'en faut pour câbler le circuit proprement dit, le logement de l'alimentation est tout trouvé. Il s'agit tout simplement d'une pile compacte de 9V, mise en service par l'interrupteur S1. Le boîtier sera d'un modèle quelconque en plastique, percé de deux trous pour le raccordement des plages de contact. L'astuce consiste à placer une de ces plages sur le côté du coffret, pour que le pousse

(pour les droitiers) y tombe automatiquement quand vous prenez le boîtier en main.

Les capteurs eux-mêmes seront faits de deux chutes de matériau isolant (époxy, bakélite) cuivré pour circuit imprimé. Ils seront reliés au circuit par deux fils fins. Les fils passent par un trou dans le circuit, leur extrémité dénudée est repliée contre le cuivre et soudée. Les capteurs seront collés ou fixés par des vis sur le boîtier (figure 3).

Si vous avez des goûts de luxe, vous pouvez réaliser une face avant en aluminium qui constituera l'un des capteurs.

Comme le circuit ne comporte aucun réglage, c'est ici que la description prend fin (angoisse du rédacteur au moment de boucler son article : le point final coïncidera-t-il avec le bas de la page ou pas ?).

84608

3

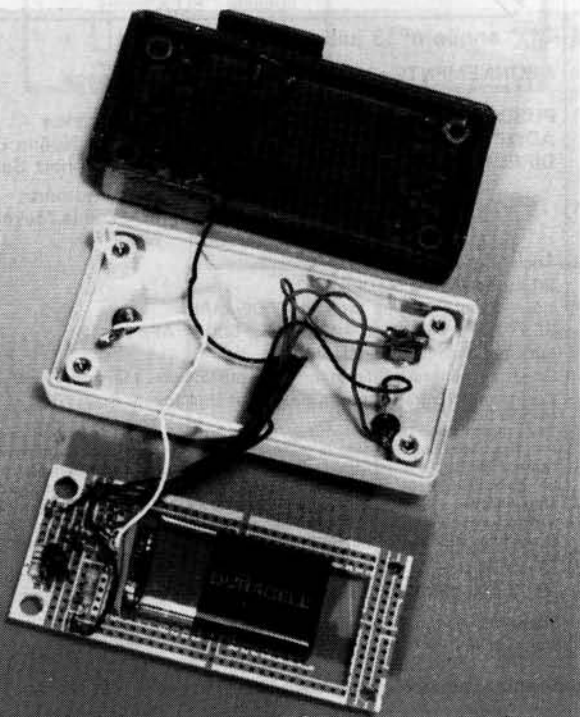


Figure 3 - Le montage "éclaté". Veillez simplement à ne pas intervertir les deux fils de la LED.

ON CHERCHE

Advertisement for 'ON CHERCHE' (We seek) featuring a collage of various text fragments and names, including 'ELECTOR n° 693', 'STERN', 'VENDO strumento', 'ZANGINSTAL', and 'CERCO qualsiasi schema di tore e relativo ricevitore ad onde gliate'.

DANS LES PETITES ANNONCES GRATUITES

Advertisement for 'DANS LES PETITES ANNONCES GRATUITES' (In the free small ads) featuring a collage of various text fragments and names, including 'VOC 5892.5472', 'WER hat zu Apollo 18, Destroyer', 'DISKS 144 MHz CARTE', '75 BOSE BOSE BOSE BOSE', and 'SOUND ENGINEER'.

ON TROUVE

(tournez la page svp)

GRATUIT, VOTRE PETITE ANNONCE DANS ELEX

- . Offres/Recherches d'emplois
- . Ventes et achats de matériel d'occasion
- . Echanges de logiciel
- . Clubs/Réunions

MINITEL - 36.15 + ELEX

Petites annonces mot clé : PA

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).

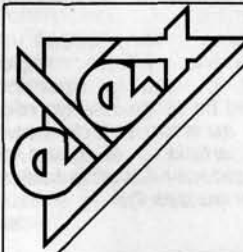
Nom _____
Adresse _____

Ne rien inscrire ici. Merci.

**NE RESTEZ
PAS SEUL (e)
LES BRAS
CROISÉS**

3615

**E
L
E
X**



ELEX Le Seau BP 53 - 59 270 BAILLEUL
tél: 20 48 68 04 télécopie: 20 48 69 64
téléx: 132 167 MINITEL: 3615 code ELEX
8h30 à 12h30 et de 13h15 à 16h15
Banque : Crédit Lyonnais -
Armentières n° 6631-61840Z
CCP PARIS 190200V
libellé à "ELEX"

2^{ème} année n°13 juillet 1989

ABONNEMENTS : voir encart avant-dernière page

PUBLICITÉ : Brigitte Henneron et Nathalie Defrance
ADMINISTRATION : Jeanine Debuysse et Marie-Noëlle Grare
DIRECTEUR DÉLÉGUÉ DE LA PUBLICATION : Robert Safie

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: S^{te} KLUWER
Directeur général et directeur de la publication: Marinus Visser
Contrôle orthographique et grammatical: Caroline Bray

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 : juin 1989
N° ISSN : 0990-736X N° : CPPAP : 70184

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

Tous droits réservés pour tous pays

© ELEKTOR/CASTEILLA 1989

Justifiant photocopies réduites
 Août
 1989
 elex

extension double trace

pour oscilloscope
simple trace

Les quelques rares modèles d'oscilloscopes accessibles à des amateurs n'ont qu'une seule voie. Avec le montage proposé ici, vous pourrez, sans intervenir sur le circuit d'un tel oscilloscope, y faire apparaître une deuxième trace, et ainsi vous livrer à d'instructives comparaisons entre deux signaux. Cet accessoire est indispensable pour suivre le trajet d'un signal à travers un circuit électronique dont on analyse le fonctionnement.

Nous avons reçu de nos lecteurs quelques lettres exprimant un défaitisme amer face aux mentions que nous faisons ici et là de l'utilité d'un oscilloscope pour

comprendre les réalisations décrites dans ELEX. D'après ces lecteurs, il serait en effet inopportun de parler d'oscilloscope dans un magazine pour débutants. Faut-il donc

admettre qu'ils n'ont pas un sou à investir dans ce loisir pourtant pas plus coûteux qu'un autre, qu'ils sont incapables d'apprendre à se servir de cet outil pourtant simple, mais qui passe encore généralement pour le symbole des techniques de pointe ? Suffit-il en 1989 qu'il y ait quelque part un écran verdâtre et quelques bip bip pour que l'on se croie dans une station spatiale ?

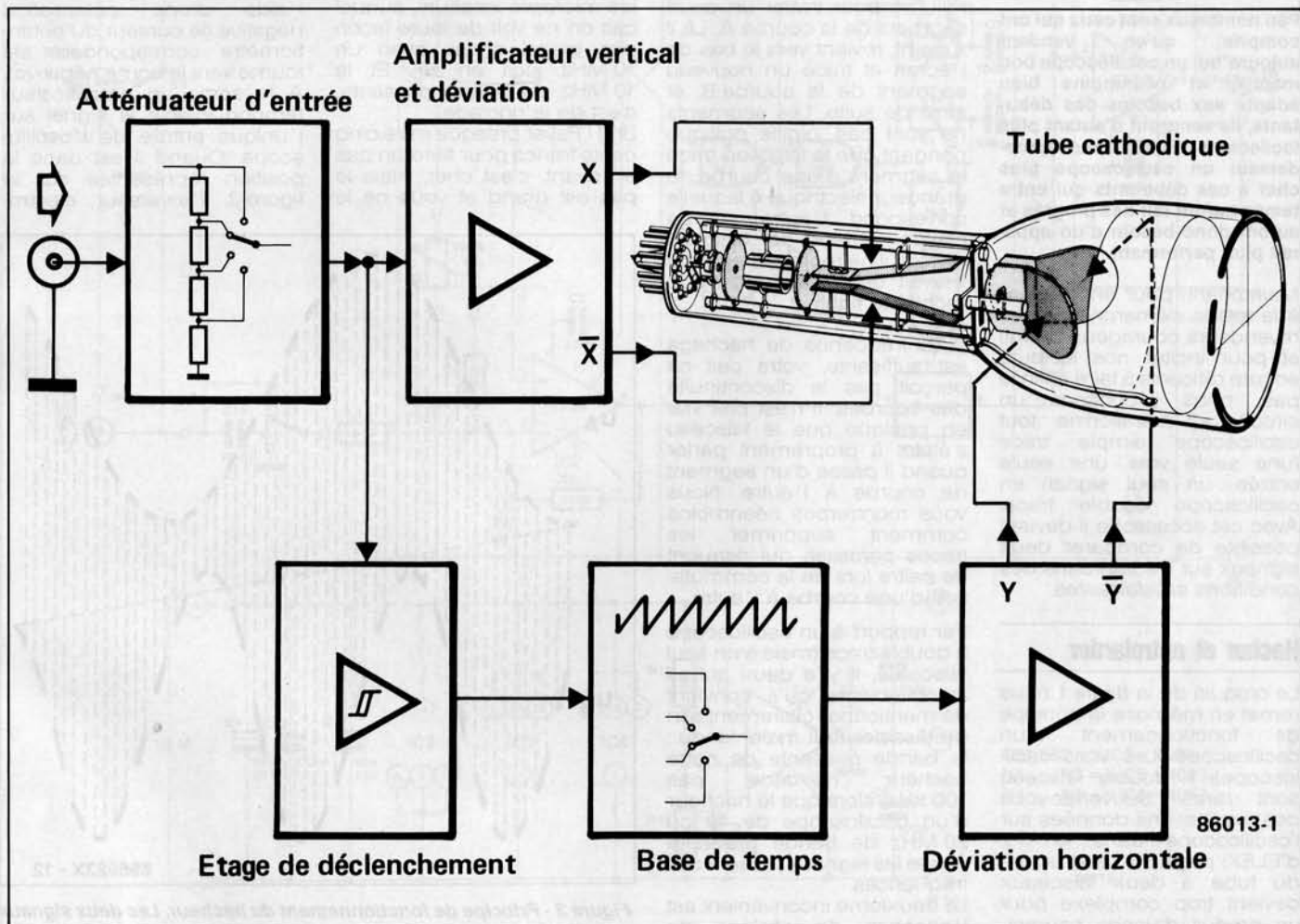


Figure 1 - Pour comprendre comment fonctionne une extension double-trace pour oscilloscope simple trace, il faut d'abord savoir comment cet appareil marche sans l'extension. Le signal est envoyé d'une part vers un amplificateur qui commande la déviation du faisceau en fonction de l'amplitude d'entrée, et d'autre part vers un système de déclenchement du balayage horizontal qui garantit que le faisceau reprend chaque traversée de l'écran au même point de départ de la courbe du signal alternatif visualisé.

Le rouble sème le trouble

Loin de partager ce point de vue et en réaction à une attitude de soumission injustifiée, nous avons appelé les revendeurs de composants électroniques à intensifier la diffusion de modèles d'oscilloscopes accessibles même à des débutants. Le choix est limité. Il s'agit pour l'essentiel d'appareils d'origine soviétique, pas plus mauvais mais beaucoup moins chers que d'autres. Dans un pays qui s'affuble volontiers du qualificatif *hailetèque*, les ingénieurs d'après-demain s'initient à la popof... Les auto-écoles devraient s'équiper exclusivement chez Moskvitch ou LADA, le permis de conduire reviendrait moins cher !

Après une valse hésitation (le temps de montée des milieux de la diffusion de composants électroniques est plutôt long en ces temps sans glands de perestroïka), un certain nombre de revendeurs ont fini par se manifester; nous en avons publié la liste avec leur adresse et les conditions de vente dans le numéro du mois dernier. Elle n'est pas bien longue, cette liste.

Peu nombreux sont ceux qui ont compris qu'en vendant aujourd'hui un oscilloscope bon marché et néanmoins bien adapté aux besoins des débutants, ils vendront d'autant plus facilement demain ou après-demain un oscilloscope plus cher à ces débutants qui entre temps auront fait des progrès et auront donc besoin d'un appareil plus performant.

Maintenant, pour encourager à la fois la démarche de ces revendeurs courageux (hum!) et pour inciter nos lecteurs encore réticents à faire enfin le pas, nous proposons un circuit qui transforme tout oscilloscope simple trace (une seule voie, une seule entrée, un seul signal) en oscilloscope double trace. Avec cet accessoire il devient possible de comparer deux signaux sur l'écran dans des conditions satisfaisantes.

Hacher et entrelarder

Le croquis de la **figure 1** nous remet en mémoire le principe de fonctionnement d'un oscilloscope. Les vrais oscilloscopes à double faisceau sont rares. Souvenez-vous des explications données sur l'oscilloscope dans le n°2 d'ELEX, page 36. La structure du tube à deux faisceaux devient trop complexe pour un produit d'usage courant. Puisqu'on ne peut pas faire deux choses à la fois, faisons-les les unes après les autres ! C'est selon ce principe très simple que fonctionne le

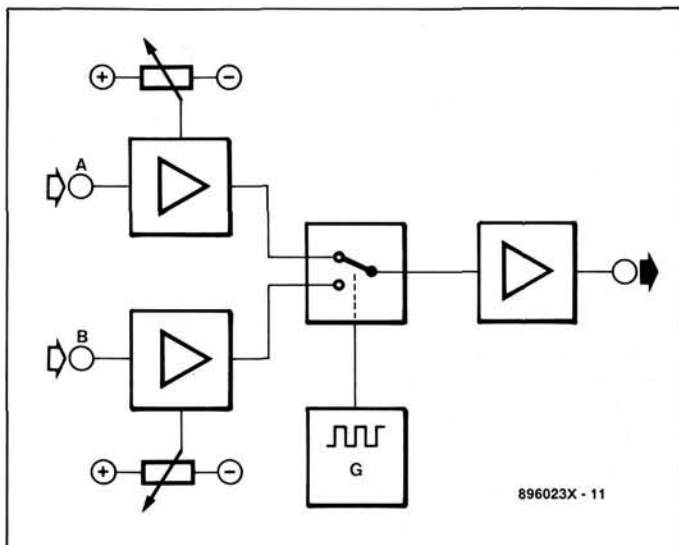


Figure 2 - Comme il n'est pas capable de tracer les deux courbes à la fois, le faisceau passe rapidement de l'une à l'autre; pendant qu'il représente un segment de l'une, il saute un segment de l'autre. Si le hachage est assez rapide, on ne voit pas le découpage des courbes.

hacheur qui permet d'afficher deux courbes sur un tube qui n'a qu'un seul faisceau : celui-ci s'allume pour tracer un court segment de la courbe B (par exemple en bas de l'écran), puis il s'éteint pour se déplacer (par exemple vers le haut de l'écran) et se rallume pour tracer un court segment de la courbe A. Là il s'éteint, revient vers le bas de l'écran et trace un nouveau segment de la courbe B, et ainsi de suite. Les segments ne sont pas jointifs puisque pendant que le faisceau trace le segment d'une courbe, la grandeur électrique à laquelle correspond l'autre courbe évolue. Quand le faisceau revient, il ne reprend pas là où il avait cessé. C'est ce que montre la **figure 2**.

Si la fréquence de hachage est suffisante, votre œil ne perçoit pas la discontinuité des courbes. Il n'est pas vrai en pratique que le faisceau s'éteint à proprement parler quand il passe d'un segment de courbe à l'autre. Nous vous montrerons néanmoins comment supprimer les traces parasites qui risquent de naître lors de la commutation d'une courbe à l'autre.

Par rapport à un oscilloscope à double trace (mais à un seul faisceau), il y a deux autres inconvénients qu'il convient de mentionner clairement afin de dissiper tout malentendu : la bande passante de notre hacheur n'excède pas 100 kHz, alors que le hacheur d'un oscilloscope de 10 ou 20 MHz de bande passante passe les signaux jusqu'à ces fréquences.

Le deuxième inconvénient est l'absence de réglage de sensibilité séparé pour les deux voies. Alors que sur un oscilloscope à double trace normal, vous pouvez régler séparément la sensibilité

d'entrée des voies A et B. Ce ne sont pas des inconvénients gravissimes, surtout le premier, puisque l'on n'utilise un oscilloscope à des fréquences supérieures à 100 kHz que dans certaines circonstances somme toute assez particulières; soit avec les microprocesseurs, auquel cas on ne voit de toute façon pas grand chose avec un 10 MHz, soit en HF. Et là 10 MHz de bande passante, c'est de la rigolade. Bref ! Payer presque mille cinq cents francs pour faire un pas en avant, c'est cher, mais le pas est grand et vous ne le

regretterez pas. D'autant plus que grâce à la rubrique Petites Annonces mise à votre disposition dans ELEX et sur le serveur minitel du même nom, vous n'aurez aucun mal à vous débarrasser de votre oscillo de débutant le jour où vous ne pourrez plus vous passer d'une bande de 40 MHz, d'une base de temps retardée, etc.

Le schéma du hacheur

Le schéma de la **figure 3** montre comment est construit le hacheur. Le bloc G est le générateur de signaux carrés. Il commande l'aiguillage électronique qui laisse passer tour à tour le signal de l'entrée A et celui de l'entrée B. Les deux potentiomètres permettent d'obtenir que les deux courbes des signaux A et B ne se confondent pas sur l'écran. C'est en superposant une composante continue aux signaux d'entrée qu'on les déplace verticalement sur l'écran de l'oscilloscope. L'un sera placé dans la moitié supérieure grâce à une polarisation positive (le curseur du potentiomètre est tourné vers la borne positive) et l'autre décalé vers le bord inférieur à l'aide d'une polarisation négative (le curseur du potentiomètre correspondant est tourné vers la borne négative). A la sortie un amplificateur tampon injecte le signal sur l'unique entrée de l'oscilloscope. Quand il est dans la position représentée sur la **figure 3**, l'inverseur électro-

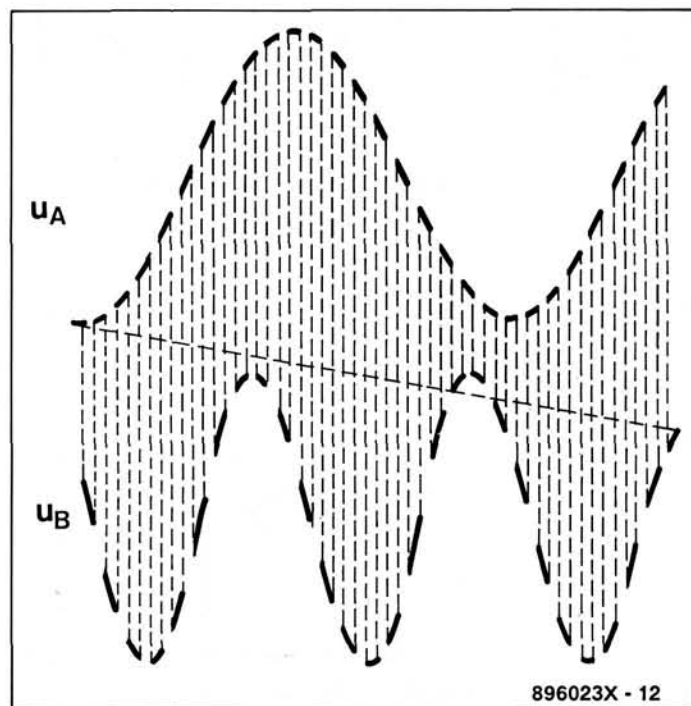


Figure 3 - Principe de fonctionnement du hacheur. Les deux signaux à visualiser sont appliqués à l'entrée d'un commutateur électronique commandé à une fréquence élevée par un générateur de signaux carrés. Le signal de sortie attaque l'entrée unique de l'oscilloscope sur l'écran duquel apparaît un signal unique composé par la superposition des signaux d'entrée.

nique commandé par le bloc G laisse passer le signal A. L'impulsion suivante du signal carré le fait changer de position : c'est alors le signal de l'entrée B qui passe. A l'impulsion suivante, c'est de nouveau le signal A, et ainsi de suite. L'imprécision du faisceau (grosseur du spot), la persistance rétinienne et surtout la rémanence du tube (la surface bombardée par les électrons du faisceau continue d'émettre de la lumière après le passage du spot) font que nous ne perce-

vons pas le saucissonnage en mode haché à condition que sa fréquence soit assez élevée. Il est important néanmoins qu'il n'y ait pas d'accrochage (rapport arithmétique simple) entre la fréquence de découpage et la fréquence des signaux visualisés, c'est pourquoi il est intéressant de disposer d'un organe de réglage de la fréquence de l'oscillateur (cet organe n'apparaît pas ici).

MODE ALT. ou CHOP.

Les oscilloscopes courants à deux voies connaissent deux modes de fonctionnement : l'un est le mode *chopping* (CHOP) haché que nous avons expliqué, et l'autre est le mode alterné (ALT). Dans ce deuxième cas, le faisceau ne passe pas d'une trace à l'autre à toute vitesse, mais balaie d'abord l'écran d'un bout à l'autre pour la courbe A, puis repart de gauche à droite pour la courbe B. Imaginons que l'un des signaux à visualiser soit une sinusoïde de 1000 Hz dont nous voulons voir deux périodes sur

l'écran. Chaque période dure 0,001 s. Chaque période durent 0,002 s. Choisissons sur la base de temps un calibre de 0,2 ms par carré; le côté horizontal de chaque carré du réticule sur l'écran de l'oscilloscope correspond à 0,2 ms; les dix carrés du réticule correspondent à 2 ms, soit deux périodes. Parfait. Pour la courbe A, le faisceau met 2 ms à passer du bord gauche au bord droit de l'écran. Puis il passe à la courbe B (nous sommes en mode alterné, ne l'oublions pas), et met de nouveau 2 ms

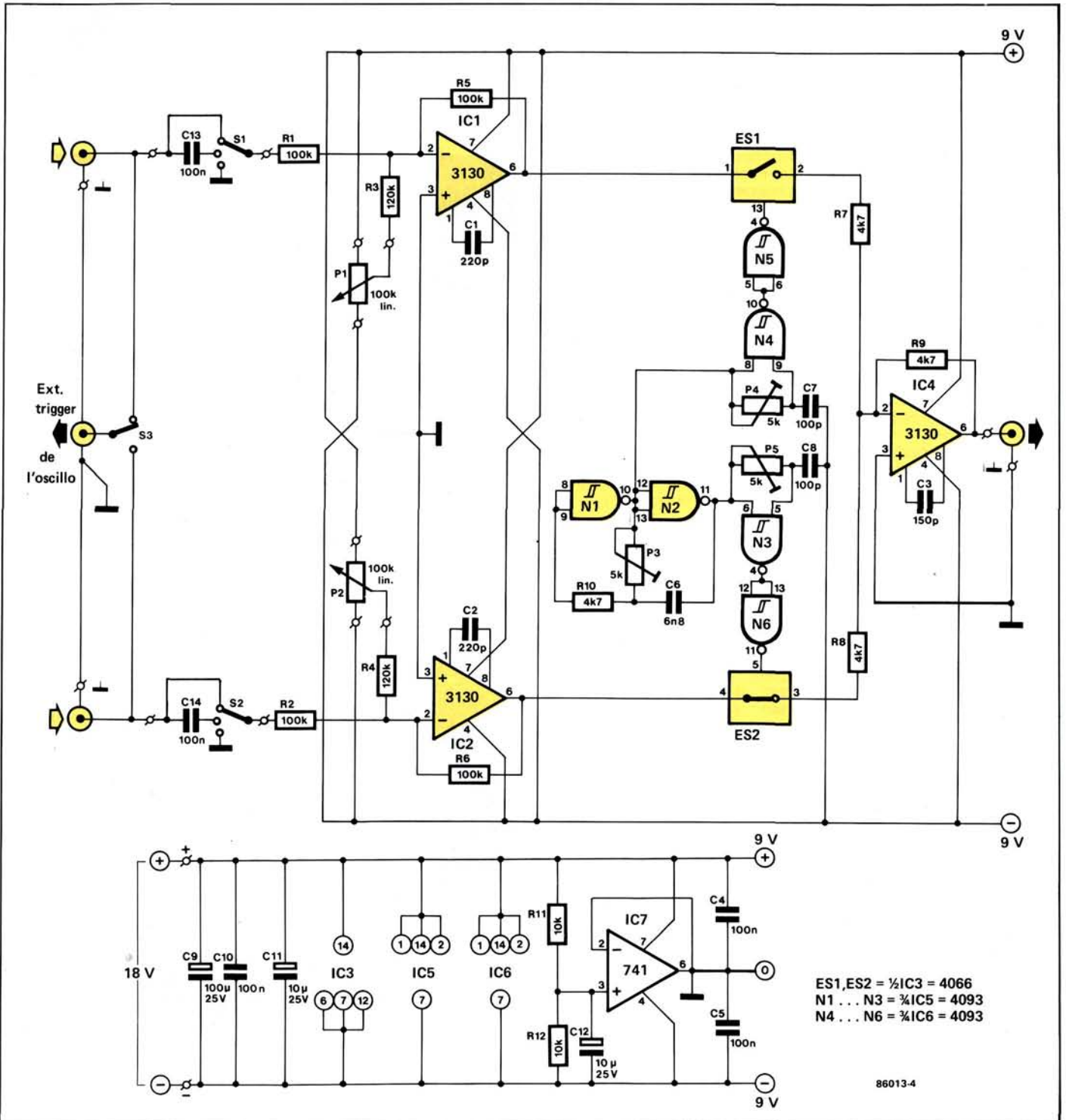


Figure 4 - Le schéma du hacheur recèle quelques détails qui n'apparaissent pas sur la figure 3 : deux sélecteurs d'entrée CA-CC-masse, un sélecteur de déclenchement A ou B, un organe de réglage de la fréquence de commutation (P3) et un circuit de retard des flancs de commutation (N3 à N6). Les potentiomètres P1 et P2 agissent sur la composante continue superposée à chacun des signaux qu'ils permettent par conséquent de déplacer de haut en bas de l'écran de l'oscilloscope.

à balayer l'écran. Les images complètes se succèdent à raison d'une toutes les 4 ms, soit une fréquence de 250 Hz. Vos yeux n'y voient que du feu et ne se rendent pas compte du scintillement qui résulte du balayage en alternance. Imaginons à présent, toujours en mode alterné, que nous avons un signal de moins de 100 Hz. La fréquence d'image va chuter à 25 Hz ou moins. Si la base de temps est maintenant de 2 ms/div., il passera 20 ms pendant que le faisceau parcourt l'écran d'un bout à l'autre. Vous verrez donc l'image scintiller de façon désagréable.

Un commutateur électronique

Le schéma de la figure 4 est finalement assez compliqué par rapport au synoptique. C'est parce qu'il comporte des accessoires que nous avons passés sous silence jusqu'à présent. Voyons de quoi il s'agit.

A gauche l'entrée A et l'entrée B sont symétriques, avec chacune son commutateur d'entrée (S1 et S2) qui permettent de choisir en trois modes de fonctionnement : CC (ou DC) pour les tensions continues; CA (ou AC) pour les tensions alternatives et une position dans laquelle l'entrée est forcée à 0 V lorsqu'elle est inutilisée. Quand le signal passe par les condensateurs C13 et C14, seule la composante alternative est acheminée jusqu'à l'entrée des amplificateurs opérationnels. En amont des tampons mélangeurs IC1 et IC2 se trouvent les deux potentiomètres de polarisation verticale (POS X). Selon la position du curseur de P1 et P2, les courbes A et B seront décalées plus ou moins vers le haut ou vers le bas. Les interrupteurs électroniques ES1 et ES2 forment l'aiguillage : l'un est ouvert quand l'autre est fermé. Ils sont commandés par l'oscillateur que forment les opérateurs N1 et N2, l'un directement par la sortie de N1, l'autre par la sortie de N2, complémentaire de celle de N1.

Le tampon de sortie réunit les deux signaux pour les injecter à l'entrée de l'oscilloscope. Le circuit est alimenté par une tension de 18 V, avec un zéro central créé par IC7 de façon à obtenir une tension symétrique de ± 9 V.

Le gain des amplificateurs tampon est unitaire, puisque la valeur des résistances R1 et R5, celle de R2 et R6, et enfin celle de R8, R7 et R9 est la même. Si le circuit du hacheur chargeait trop la source où sont prélevés les signaux A et B, il faudrait augmenter R1 et R2. Pour compenser l'atténuation qui en résultera, il suffit de diminuer en proportion la valeur

de R9 afin que l'étage IC4 introduise un gain.

Décalage des flancs de commutation

L'entrée de l'oscilloscope présente une certaine capacité comme l'entrée de tout circuit. Le circuit du hacheur présente une certaine résistance au passage des signaux. En somme, l'ensemble circuit hacheur+oscilloscope forme un réseau RC dont nous savons qu'il retarde les signaux et arrondit les flancs raides. C'est la raison essentielle pour laquelle un circuit comme celui-ci est doté d'un tampon de sortie, monté en amplificateur rapide; cela ne supprime pas la capacité d'entrée de l'oscilloscope, mais élimine la composante R que représente le circuit du hacheur. Comme l'amplificateur opérationnel parvient à charger (et à décharger) instantanément la capacité que représente l'entrée de l'oscilloscope, les flancs raides restent raides et n'apparaissent pas (ou presque pas) sur l'écran.

Le signal de sortie de l'horloge (sortie de N1 et sortie de N2) n'est pas appliqué directement à l'entrée de commande des interrupteurs ES1 et ES2. D'un côté il passe par N4 et N5, et de l'autre par N3 et N6. Ces quatre opérateurs NON-ET sont montés en inverseurs. Deux inversions successives s'annulent, direz-vous ! Le but de l'opération n'est pas d'inverser les signaux, en effet, mais de les retarder. Pour traverser deux opérateurs logiques, il faut quelques dizaines de nanosecondes. Mais comme il y a deux opérateurs de part et d'autre, les deux retards sont identiques, les signaux coïncideront, et tout cela n'aura servi à rien... C'est oublier les condensateurs C7 et C8 ainsi que les résistances variables P4 et P5. Rappelons que la sortie d'un opérateur NON-ET est au niveau haut quelle que soit le niveau sur ses entrées sauf quand elles sont l'une et l'autre à 1, auquel cas la sortie est basse. Ici la sortie de N3 et celle de N4 ne basculent pas en même temps. L'une passe au niveau haut quand l'autre passe au niveau bas, mais la sortie qui passe au niveau bas le fait quand les entrées de l'opérateur passent l'une et l'autre au niveau haut. Or le réseau RC formé par P4 et C7 d'une part et P5 et C8 d'autre part retarde le passage au niveau haut de l'une des deux entrées de N4 et de N3. La sortie ne passe donc pas immédiatement au niveau bas quand arrive le niveau haut d'entrée. Il faut que C7 ou C8 se charge d'abord à travers P4 ou P5. Plus la résistance est forte,

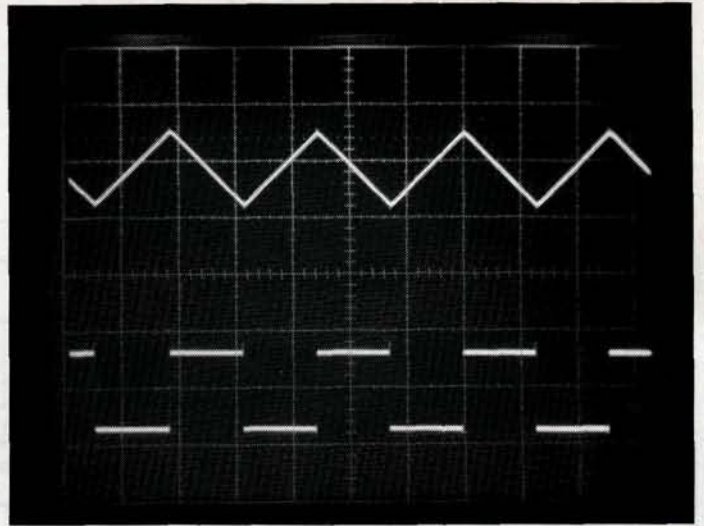


Photo 1 - La fréquence de découpage est assez élevée, les deux ondes apparaissent sans aucune déformation.

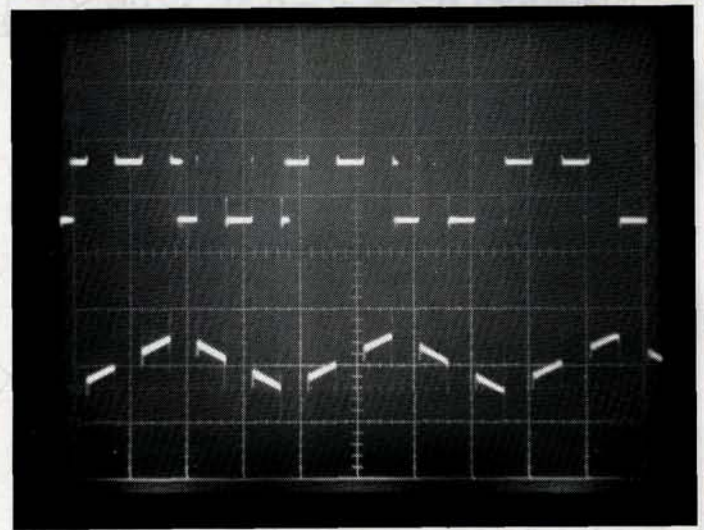


Photo 2 - La fréquence de découpage est trop basse par rapport à celle des signaux visualisés qui deviennent méconnaissables.

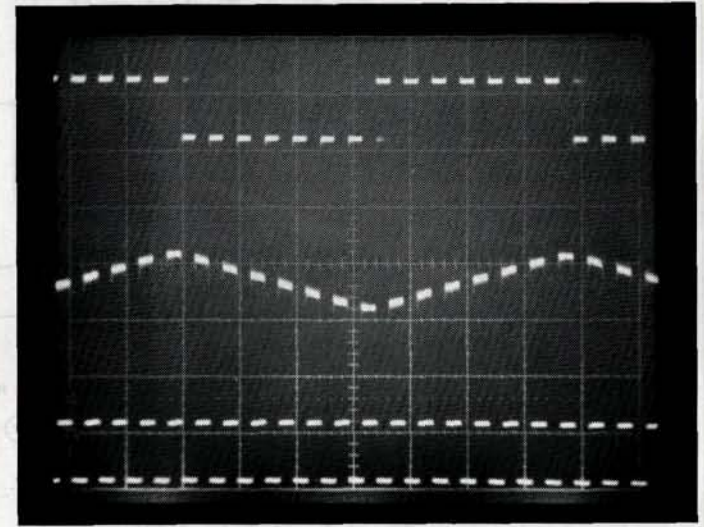


Photo 3 - En augmentant le plus possible la fréquence de l'horloge de découpage (courbe supérieure) on retrouve des signaux certes hachés (courbes du milieu et du bas) mais nettement reconnaissables.

plus la charge sera lente et le retard important. Si la position du curseur de P4 n'est pas la même que celle de P5, les deux retards seront différents.

Le réseau RC n'a pas d'influence sur les niveaux bas qui arrivent à l'entrée de N3 et N4, car la sortie des opérateurs NON ET passe au

niveau haut aussitôt que l'une des deux entrées n'est plus elle-même au niveau haut. P4 et C7 ainsi que P5 et C8 n'agissent que sur les niveaux hauts à l'entrée de N3 et N4, c'est-à-dire qu'ils retardent la fermeture d'ES1 quand ES2 s'ouvre et inversement. Grâce à ce léger décalage, on obtient des flancs parfaitement raides et par conséquent invisibles.

Synchronisation du déclenchement

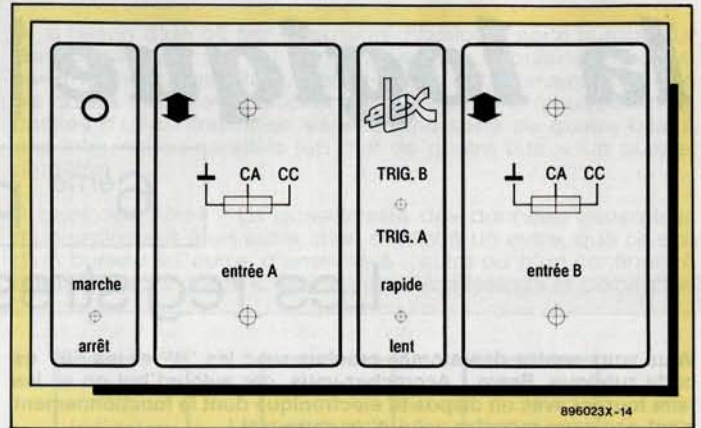
La fréquence d'oscillation du circuit N1/N2 commandée par P3 (accessible si possible de l'extérieur, pensez-y en montant le circuit dans un coffret) pourra varier entre 50 kHz et 100 kHz environ. Nous n'avons pas encore parlé de S3 ni de l'entrée de déclenchement de l'oscilloscope. Normalement, le signal injecté sur l'entrée de l'oscilloscope commande (quand il s'agit d'un signal alternatif périodique) la dent de scie qui assure la synchronisation horizontale de l'image sur l'écran; un circuit interne se charge de faire en sorte que le point de départ de chaque balayage de l'écran par le faisceau soit toujours le même; si le premier balayage commence quand le signal atteint par exemple 1 V, il ne faut pas que le balayage suivant commence quand le signal atteint 2 V sinon les deux images successives ne seront pas superposées ce qui donnerait un résultat illisible. La synchronisation du déclenchement connaît deux modes : automatique ou manuel.

Dans le deuxième cas un bouton vous permet de chercher à la main le point de déclenchement qui produit l'image qui convient, alors que normalement (mode automatique) le circuit de l'oscilloscope cherche lui-même à synchroniser le déclenchement. Un oscilloscope est muni d'une entrée de déclenchement à laquelle vous pouvez appliquer un signal de déclenchement externe (EXT. TRIG.).

Comme nous avons à présent deux signaux, plus le signal fantôme de commutation entre eux, il ne faut pas attendre de l'automatisme de déclenchement qu'il s'y retrouve dans ce signal retardé. C'est pourquoi nous choisirons l'un des deux signaux des voies A ou B pour l'appliquer à l'entrée de déclenchement de l'oscilloscope. Il suffit de mettre le commutateur de mode de déclenchement de l'oscilloscope en position EXT.TRIG. et tout rentrera dans l'ordre, aussi bien en mode de déclenchement automatique (AUTO) qu'en mode manuel (MAN.).

C'est pourquoi nous avons prévu S3 qui achemine vers l'entrée EXT.TRIG de l'oscilloscope au choix l'un des signaux A ou B.

Le dessin de circuit imprimé de la figure 5 vous permettra de réaliser un montage propre, compact, avec une répartition élégante des composants. Ce circuit imprimé comporte deux ponts de câblage, c'est par eux qu'il faut commencer.



La réalisation

N'utilisez pas de fil multibrin, mais du fil de cuivre rigide; il n'est pas nécessaire que ce soit du fil isolé. Pour les connexions d'entrée et de sortie, mettez des picots. Puis viennent les résistances, les condensateurs et les supports pour les circuits intégrés. Quand vous morterez les circuits eux-mêmes, faites bien attention de ne pas tordre les broches vers l'extérieur, ou ce qui serait pire encore, replier les broches sous le boîtier. Vérifiez la polarité des condensateurs et mettez le curseur des résistances variables à mi-course. La source de tension de 18 V devra être stabilisée et capable de fournir un courant d'une cinquantaine de milliampères au moins.

Le câblage des condensateurs d'entrée et des sélec-

teurs S1 et S2 se fait en l'air et sur les fiches BNC d'entrée. Quand vous connectez le hacheur à l'entrée d'un oscilloscope, vous verrez apparaître deux lignes horizontales. Avec P1 vous déplacerez celle de la voie A vers le milieu de la moitié supérieure de l'écran, et avec P2 vous déplacerez la ligne de la voie B vers le bas de l'écran.

Avec P3 vous chercherez la fréquence de hachage avec laquelle vous obtiendrez une image stable. Pour P4 et P5, il faut chercher la position dans laquelle les flancs de commutation d'une voie à l'autre deviennent invisibles.

Le montage ne comporte pas d'atténuateur d'entrée, les tensions admises ne devront donc pas dépasser 12 V crête à crête.

Un circuit comme celui-ci vous permet aussi, si vous le souhaitez, de transformer en oscilloscope à 3 voies un appareil qui n'en a que deux. Y avez-vous pensé ? 86013 896023

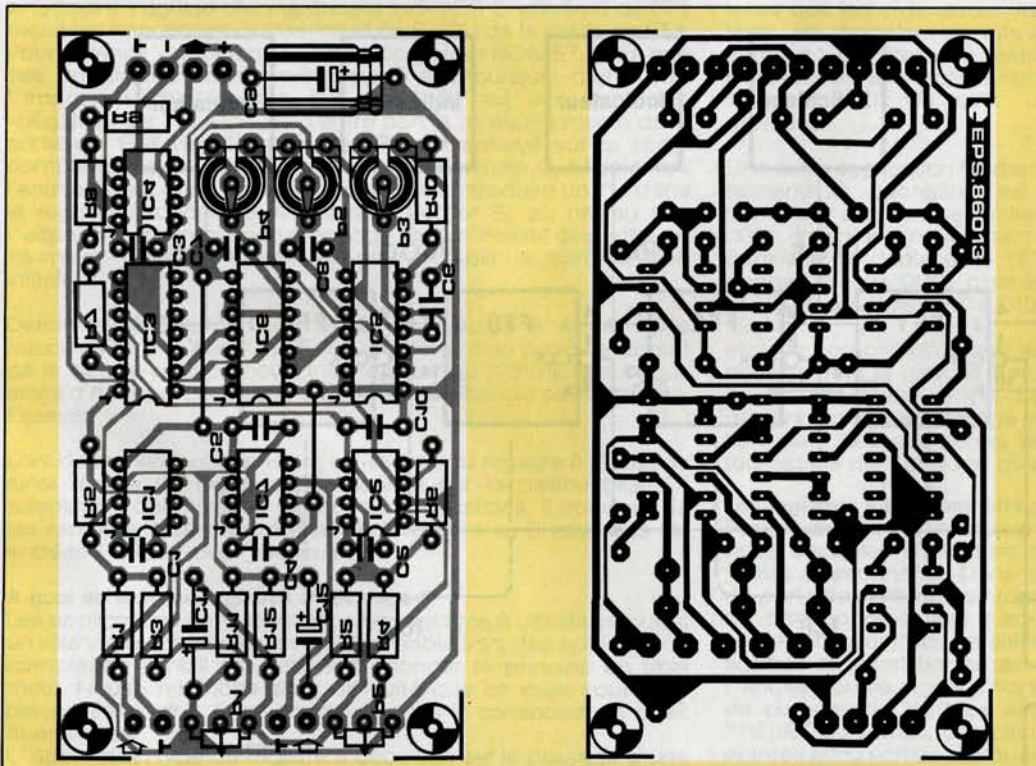


Figure 5 - Dessin des pistes du circuit imprimé étudié pour l'extension double trace.

- LISTE DES COMPOSANTS**
- R1, R2, R5, R6 = 100 kΩ
R3, R4 = 120 kΩ
R7 à R10 = 4k7
R11, R12 = 10 kΩ
P1, P2 = 100 kΩ lin (A)
P3, P4, P5 = 5 kΩ var.
- Condensateurs :
C1, C2 = 220 pF
C3 = 150 pF
C4, C5, C10, C13, C14 = 100 nF
C6 = 6n8
C7, C8 = 100 pF
C9 = 100 μF/25 V
C11, C12 = 10 μF/25 V
- Semi-conducteurs :
IC1, IC2, IC4 = CA3130
IC3 = 4066
IC5, IC6 = 4093
IC7 = 741
- Divers :
S1, S2 = commutateur à 3 positions
S3 = inverseur
14 picots à souder
3 fiches BNC châssis

la logique séquentielle sans hic II

6^{ème} partie

Les registres à décalage

Vous vous sentez des atomes crochus avec les "1" et les "0" de cette rubrique. Bravo ! Accrochez-vous, car aujourd'hui on va les faire tourner avec un dispositif électronique dont le fonctionnement n'est pas sans rappeler celui d'un carrousel !

L'électronique logique et numérique est souvent ressentie comme abstraite, éloignée des réalités tangibles. C'est vrai, il faut un certain temps avant que toutes les pièces du puzzle logique et numérique s'assemblent. Il faut donc une certaine dose de patience pour faire la connaissance de ces pièces, une à une, aussi systématiquement que possible. Certains lecteurs nous signalent non sans amertume qu'ils ont décroché récemment, déplorant la progression trop rapide de cette rubrique, les explications emberlificotées, le manque de fondement pratique. C'est l'occasion pour nous de rappeler que cette série d'articles n'a pas été conçue pour une étude purement théorique : il faut tout en lisant le texte effectuer **sur la platine DIGILEX** les manipulations qu'il décrit. C'est en voyant les "1" et les "0" matérialisés par les LED allumées ou éteintes que l'on saisit le déroulement des opérations logiques. Sans cette pratique sur le circuit DIGILEX, il est vain d'espérer ingurgiter la logique... sans hic. Et toc !

Vous qui n'avez pas encore dévissé, la juxtaposition et l'enchaînement de bascules ne vous effraient plus depuis que vous avez saisi le parti que l'on peut en tirer. Au fil des épisodes successifs de cette rubrique, nous avons vu notamment comment à partir d'impulsions d'horloge, c'est-à-dire d'une succession de niveaux logiques, passer à un ensemble de bits qui, pris en parallèle, codent par exemple les grandeurs décimales de 0 à 9.

Pour obtenir les circuits diviseurs et compteurs des épisodes précédents, nous avons enchaîné des bascules. Enchaîné est le terme exact, car pour leur mettre le boulet au pied, nous avons relié la sortie Q des unes aux entrées CLK des autres. Aujourd'hui nous vous proposons un montage un peu différent, puisque **les données de sortie de chaque bascule sont injectées dans les entrées J et K de la bascule suivante.**

Toutes les bascules reçoivent le même signal d'horloge. En l'absence de ce signal, il ne se passe rien.

Comme dans les épisodes précédents, le signal d'horloge est «fait main» à l'aide d'une bascule RS qui supprime les rebonds des contacts.

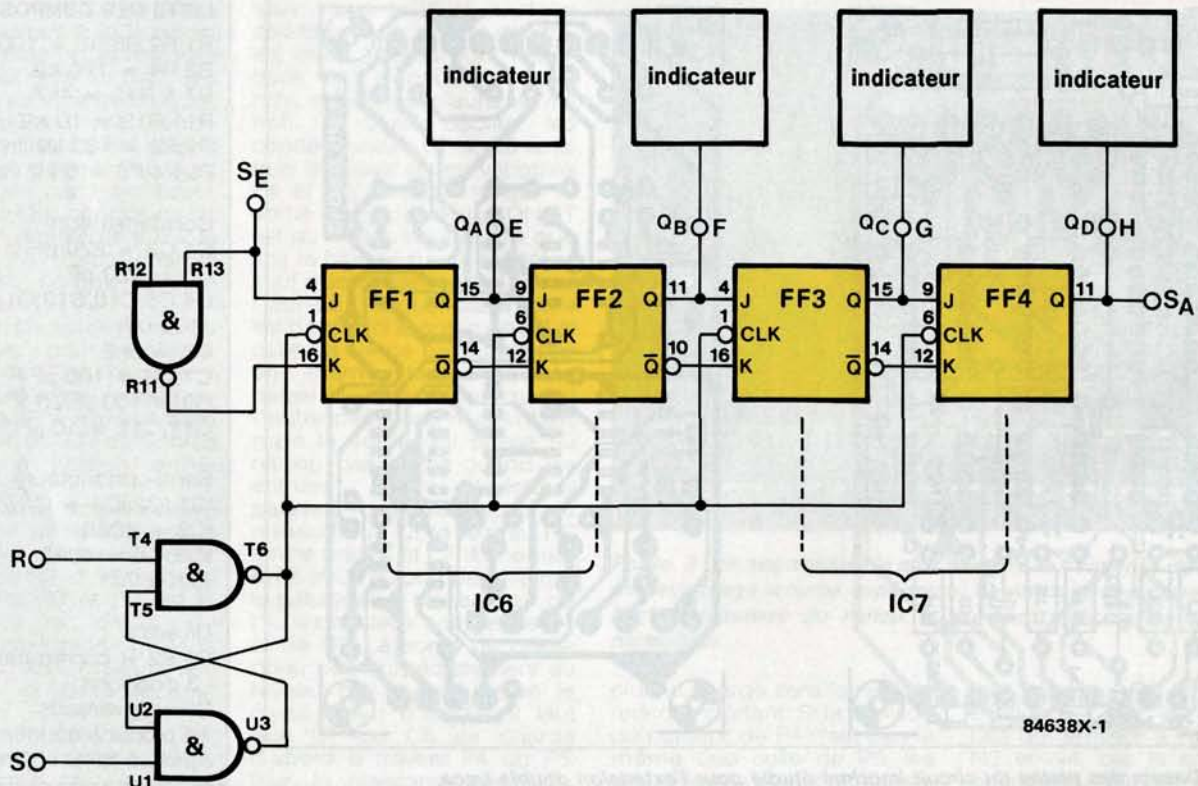
Pour obtenir la succession de "0" et de "1" du signal d'horloge en sortie de la bascule RS, nous mettons au niveau haut puis au niveau bas tour à tour les entrées R et S des opérateurs T et U.

L'inverseur rajouté entre les entrées J et K de la première bascule (forcez l'entrée R12 à 1) a pour fonction d'interdire la présence du même niveau sur les deux entrées à la fois. Autrement dit les entrées J/K de FF1 ne connaîtront jamais la configuration 1/1 ou 0/0. Il n'y a donc que deux configurations d'entrée possibles : J = 1 et K = 0 ou l'inverse. Ce que nous vous proposons d'étudier à présent, c'est comment un niveau haut appliqué à l'entrée S_E va se déplacer de sortie en sortie, du point E au point H, à chaque nouvelle impulsion d'horloge.

Allons-y maintenant ! Mettons l'entrée S_E de FF1 au niveau haut, puis donnons la première impulsion d'horloge : l'entrée CLK de FF1 passe à 1, puis à 0. Nous avions vu dans la deuxième partie de cette rubrique que la donnée d'entrée est prise en compte sur les sorties lors du flanc descendant du signal d'horloge.

D'abord c'est la LED commandée par la sortie Q_A qui s'allume. Remettons l'entrée SE au niveau bas, puis nous donnerons l'impulsion d'horloge suivante. Maintenant c'est la LED commandée par la sortie Q_B qui s'allume, tandis que celle de Q_A s'éteint. Après la sortie Q_B, c'est le tour de Q_C puis de Q_D. Puis le "1" décalé de gauche à droite disparaît...

Comme l'entrée S_E avait été remise à zéro après la première impulsion d'horloge, le seul "1" dont nous disposons dans notre chaîne de bascules est maintenant perdu. Si nous voulons en faire circuler un autre, il nous faut remettre l'entrée S_E au niveau haut pendant un cycle d'horloge.



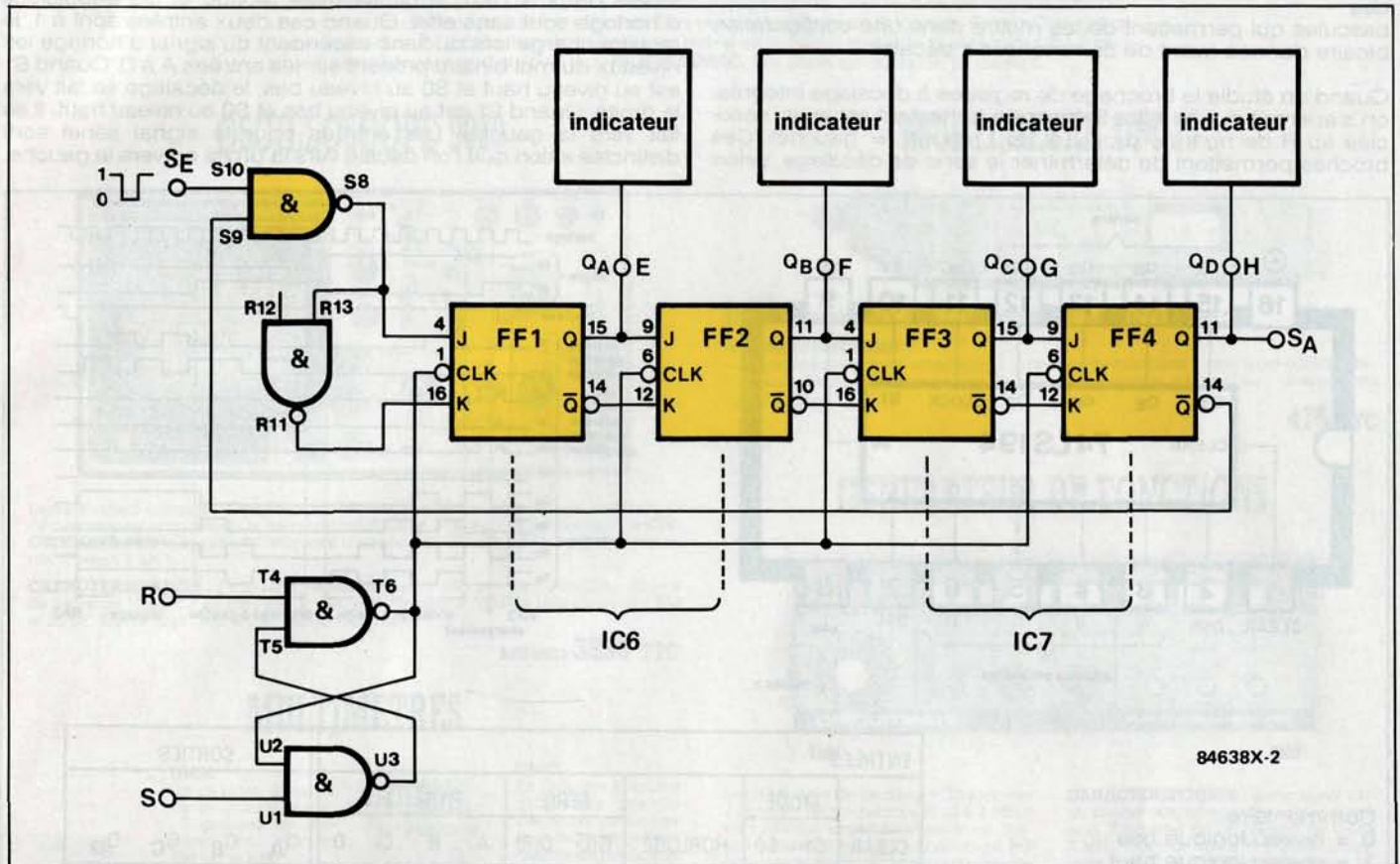
84638X-1

Les entrées inutilisées de IC6 et IC7 doivent toutes être forcées au niveau haut, faut-il le rappeler ? (Oui, répondent les broches 2, 3, 7 et 8 qui jouaient aux billes dans la cour).

Nous avons décalé d'une bascule à l'autre un niveau chargé à l'entrée puis nous l'avons perdu en sortie S_A . Nos quatre bascules forment ce que l'on appelle un registre à décalage. Que diriez-vous à présent de boucler l'entrée et la sortie de ce registre de telle sorte que le bit décalé à la sortie de la dernière bascule ne se perde pas mais refasse un tour. Voilà ce que cela donne avec une porte supplémentaire pour combiner le bit réinjecté et le bit d'entrée.

S_E à raison d'un bit par impulsion d'horloge, nous aurons sur les sorties Q_A à Q_D , au terme de quatre impulsions successives, le mot binaire 1001, c'est-à-dire le code binaire du 9 que les quatre indicateurs affichent simultanément. Nous sommes passés d'une information sérielle (une série de quatre bits) à une information parallèle (un mot de quatre bits = un quartet parallèle).

A quoi cela sert-il ? La quasi-totalité des données transmises d'un ordinateur à un autre, d'un minitel à un autre, que ce soit d'un bureau à l'autre, d'une ville à l'autre ou d'un continent à l'autre, le sont grâce à des registres à décalage (à peine plus



L'opérateur S se comporte comme opérateur OU nonobstant le fait qu'il s'agisse d'un opérateur NON-ET. L'entrée J de FF1 reçoit les impulsions qui viennent de S_E OU de la sortie de FF4. Pour obtenir l'opération OU avec l'opérateur NON-ET, il faut que ces impulsions soient inversées. C'est pourquoi d'une part l'impulsion (re)présentée à l'entrée S_E est une impulsion «négative» de "1" à "0", et d'autre part le niveau réinjecté de la sortie de FF4 vers l'entrée de FF1 est prélevé sur la sortie complémentaire \bar{Q} et non sur la sortie normale Q. Maintenant l'entrée S_E est donc haute au repos; pour introduire un "1" dans le registre à décalage, il faut donc forcer S_E au niveau bas l'espace d'une impulsion d'horloge. Rien n'interdit de mettre un inverseur devant l'entrée S_E pour rétablir la configuration initiale.

Désormais, notre "1" est décalé de gauche à droite de la bascule FF1 à la bascule FF4, puis il revient au point de départ de la boucle qu'il parcourt indéfiniment au rythme des impulsions d'horloge. Le registre à décalage est bouclé sur lui-même. Essayez...

Lors de la mise sous tension, les sorties du registre à décalage ainsi réalisé de façon expérimentale sur la platine DIGILEX adopteront des niveaux logiques imprévisibles. Il convient de les remettre à zéro en mettant brièvement au niveau bas les entrées RESET des bascules.

A quoi servent les registres à décalage ?

Les applications dans lesquelles les registres à décalage jouent un rôle vraiment efficace et indispensable sont des applications complexes dont il est difficile d'énoncer le principe en trois mots. Nous imaginons sans difficulté que ce sujet vous intéresse néanmoins. C'est pourquoi nous y consacrerons quelques lignes.

L'application type du registre à décalage est le passage d'une succession d'un certain nombre de bits (par exemple quatre) en un mot du même nombre de bits pris en parallèle. Si nous donnons par exemple les quatre bits suivants 1001 à l'entrée

compliqués que les nôtres). Ceux-ci transforment les données telles que les ordinateurs les traitent sur 8, 16 ou 32 bits parallèles, en chapelets de bits sériels transmis les uns après les autres à toute vitesse. L'avantage essentiel de cette manière de procéder est la simplicité de la liaison à établir. En principe, une liaison à deux fils suffit : un fil de masse et une ligne de données.

Une autre application fondamentale du registre à décalage, intéressante à connaître, est le traitement arithmétique des données : prenez une feuille de papier et écrivez le mot binaire 0001. Imaginez maintenant qu'un registre à décalage vous permette de déplacer le "1" vers la gauche : vous obtenez la donnée binaire 0010, c'est-à-dire 2. Refaites cette opération et vous passerez de 0010 à 0100, c'est-à-dire de 2 à 4. Encore une fois...

et vous comprendrez que le décalage d'un mot binaire d'une position vers la gauche donne la multiplication par 2. Inversement, le décalage vers la droite donne une division par 2. Intéressant, non ? Le décalage et la rotation (décalage avec réinjection) sont des opérations élémentaires fondamentales incontournables de n'importe quel microprocesseur.

Les registres à décalage intégrés

Reprenons pied dans notre rubrique. Les circuits intégrés logiques capables d'effectuer des opérations de décalage sont faciles à reconnaître. Dans la littérature technique anglophone on parle de *shift register* (certaines personnes peu soucieuses de francophonie vont jusqu'à «shifter» des bits) : outre les sorties et les entrées parallèles, repérées par les sigles conventionnels de la notation binaire A, B, C... et $Q_A, Q_B, Q_C...$, outre l'entrée pour le signal d'horloge CLK et l'une ou l'autre entrée de commande de type effacement, remise à zéro (CLEAR, PRESET ou LOAD), ces circuits intégrés ont une ou plusieurs entrées et/ou sorties marquées S pour *shift* ou *serial*. Ce sont les broches de l'entrée et/ou de la sortie sérielle par où le registre à décalage reçoit ou émet les séquences de bits (*shift in* et *shift out*).

Vous remarquez que dans ce qui précède, nous mettons sur le même plan les fonctions d'entrée et de sortie. En effet, de la même manière qu'un registre à décalage peut recevoir un à un les bits à décaler, il peut aussi grâce à un signal de commande approprié, charger un mot binaire de par exemple 4 bits parallèles pour les décaler ensuite au rythme des impulsions d'horloge. Un registre à décalage est donc, selon les circonstances, un convertisseur parallèle/série ou un convertisseur série/parallèle.

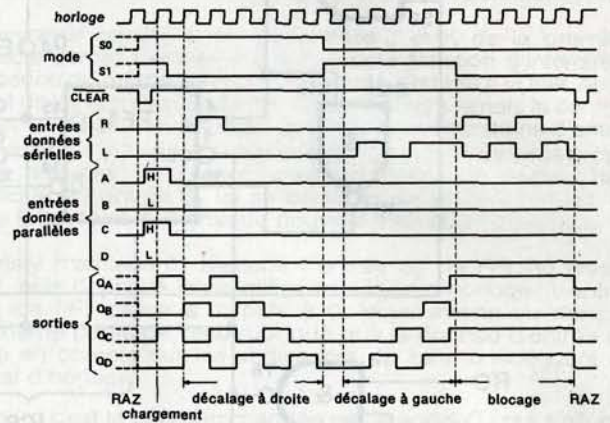
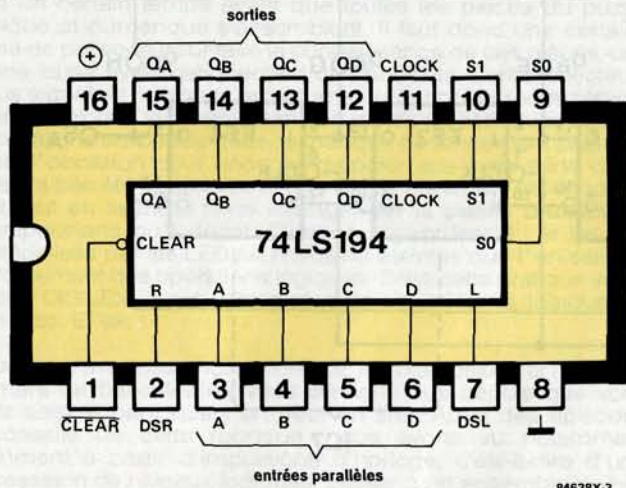
Même le registre à décalage pourtant expérimental de la platine DIGILEX permet de charger un mot binaire quelconque (limité toutefois à 4 bits) grâce aux entrées CLEAR et PRESET des

bascules qui permettent de les mettre dans une configuration binaire donnée avant de commencer à décaler.

Quand on étudie le brochage de registres à décalage intégrés, on s'aperçoit que la lettre S évoquée à l'instant est aussi associée au R de *right* (= droite) et au L de *left* (= gauche). Ces broches permettent de déterminer le sens de décalage, selon

les besoins, vers la droite ou vers la gauche. Voici le brochage de deux registres à décalage représentatifs de cette catégorie de circuits. Un circuit comme le 74194 comporte l'équivalent de 46 opérateurs logiques discrets.

Le chronogramme et la table de vérité du 194 permettront à ceux qui le souhaitent, d'approfondir leur étude du fonctionnement des registres à décalage. Quand l'entrée CLEAR (effacement, remise à zéro) est active (au niveau bas), les sorties sont toutes quatre forcées à 0. Quand les entrées S0 et S1 sont toutes deux à zéro, le circuit reste bloqué et les impulsions d'horloge sont sans effet. Quand ces deux entrées sont à 1, le registre charge lors du flanc ascendant du signal d'horloge les niveaux du mot binaire présent sur les entrées A à D. Quand S1 est au niveau haut et S0 au niveau bas, le décalage se fait vers la droite. Quand S1 est au niveau bas et S0 au niveau haut, il se fait vers la gauche. Les entrées pour le signal sériel sont distinctes selon que l'on décale vers la droite ou vers la gauche.



ENTRÉES				SORTIES										
CLEAR	MODE		HORLOGE	SÉRIE		PARALLELE								
	S1	S0		G(L)	D(R)	A	B	C	D	QA	QB	QC	QD	
0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	I
1	x	x	0	x	x	x	x	x	x	QA0	QB0	QC0	QD0	II
1	1	1	↑	x	x	a	b	c	d	a	b	c	d	III
1	0	1	↑	x	1	x	x	x	x	1	QA _n	QB _n	QC _n	IV
1	0	0	↑	x	0	x	x	x	x	0	QA _n	QB _n	QC _n	V
1	1	0	↑	1	x	x	x	x	x	QB _n	QC _n	QD _n	1	VI
1	1	0	↑	0	x	x	x	x	x	QB _n	QC _n	QD _n	0	VII
1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	QA0	QB0	QC0	QD0	VIII

Commentaire :

- 0 = niveau logique bas
- 1 = niveau logique haut
- x = niveau indifférent
- ! = flanc ascendant
- a, b, c, d = état des entrées A, B, C et D
- QA₀, QB₀, QC₀, QD₀ = niveaux des sorties du même nom avant que ne soient établies les conditions d'entrée indiquées
- QA_n, QB_n, QC_n, QD_n = niveaux des sorties du même nom lors du dernier flanc ascendant (indiquent le décalage d'un bit)

- I.** Remise à zéro des sorties
- II.** Il ne se passe rien quand l'entrée d'horloge est à 0
- III.** Chargement des données présentes sur les entrées A, B, C et D lors du flanc ascendant de l'horloge
- IV.** Décalage vers la droite de la donnée parallèle: QA adopte le niveau présent sur QA avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QB adopte le niveau présent sur QB avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QC adopte le niveau présent sur QC avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QD adopte le niveau haut appliqué sur l'entrée sérielle pour le décalage vers la droite
- V.** Comme IV, mais QA adopte le niveau bas appliqué à l'entrée sérielle pour le décalage vers la droite

- VI.** Décalage vers la gauche de la donnée parallèle: QA adopte le niveau présent sur QB avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QB adopte le niveau présent sur QC avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QC adopte le niveau présent sur QD avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QD adopte le niveau haut appliqué sur l'entrée sérielle pour le décalage vers la gauche
- VII.** Décalage vers la gauche de la donnée parallèle: QA adopte le niveau présent sur QB avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QB adopte le niveau présent sur QC avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QC adopte le niveau présent sur QD avant le flanc ascendant du signal d'horloge. QD adopte le niveau bas appliqué sur l'entrée sérielle pour le décalage vers la gauche
- VIII.** Blocage du registre à décalage par le double 0 sur S0 et S1.

Pour conclure, nous voudrions attirer votre attention en cette période de défilés et de parades (juillet 89), sur une analogie entre le fonctionnement des registres à décalage et certaines scènes de parade que vous pourrez suivre ces jours-ci plus que jamais. Si la concélébration du bicentenaire n'avait servi à rien d'autre qu'à vous faciliter la compréhension des registres à décalage, cela serait réjouissant, non ? Suivez attentivement les évolutions des formations militaires ou para-militaires (majo-

rettes, pompiers, fanfares...) en défilé, et observez-les quand elles passent d'un déplacement dit "en file indienne" à un déplacement en parallèle ou inversement : elles font la même chose qu'un registre à décalage. En avant, marche ! «Allons, faisons de la logique Le décalage est arrivé...»

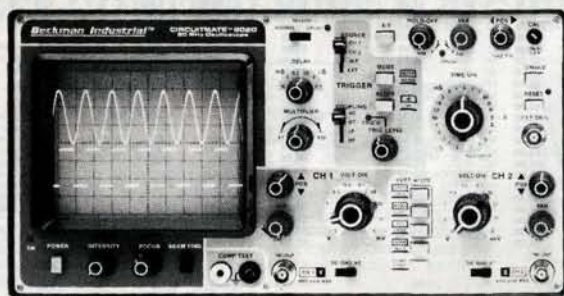
PENTASONIC

PARIS - LYON - MARSEILLE - NANTES - MONTPELLIER - COLMAR

Beckman Industrial™

BECKMAN INDUSTRIAL est une société américaine filiale de EMERSON ELECTRIC COMPANY. Cette entreprise, qui fabrique depuis sa création du matériel de mesure, a longtemps été considérée comme fournisseur exclusif des laboratoires et autres utilisateurs exigeants. Aujourd'hui, grâce à un effort industriel (production de masse) vous retrouvez le même esprit de qualité mais plus accessible financièrement et distribué par, **PENTASONIC**, les professionnels de la mesure.

OSCILLOSCOPE 9020



Ligne à retard comprise. Equipée d'un déclenchement du signal et son maintien, le déclenchement coup à coup, le retard de balayage et un testeur de composants, le **CIRCUITMATE 9020** vous apporte l'efficacité d'un appareil très soigné et d'emploi très simple. Garanti 1 an.

CARACTERISTIQUES : 2 x 20 MHz. Sensibilité vert. 1 mV/div ; horiz. 50 nS/div. Retard de balayage 10 S à 0,1 μS. Exp par x 1 et x 10. Trigger à 30 MHz. Imp. d'entrée 1 MΩ et 25 pF. Entrée max. 400 V/CC. Temps de montée 17,8 nS.

ME 9020 **3890 TTC**

MULTIMETRE DM 73



UN MULTIMETRE MALIN POUR LA MAINTENANCE.

CARACTERISTIQUES :

- commutation d'échelle automatique ; - beeper de continuité ; - mémoire d'affichage ; - mesure des tensions continues ; - mesure des tensions alternatives ; - mesure des résistances.

475 TTC

GENERATEUR DE FONCTIONS



Le générateur de fonctions FG2 avec ses 7 échelles de fréquences (0,02 à 2 MHz) est particulièrement convivial et est destiné à toutes applications concernant les systèmes audio, les ultrasons et circuits utilisant des fréquences inférieures à 2 MHz.

1975 TTC

CARACTERISTIQUES : Sortie signal carré, sinusoïdale, triangulaire et par impulsion. 7 échelles de fréquences de 0,02 à 2 MHz. Précision de 0,5 %. Distorsion meilleure que 30 dB. Entrée de wobulation. Niveau de sortie 20 V PP (open circuit). Réglage de tension d'offset - 10 V à + 10 V.

MULTIMETRES

DM10

Un modèle compact de très grande qualité. - 5 gammes de tensions en continu 200 mV à 1000 V ; - 2 gammes de tension alternative 200 et 500 V ; - 4 gammes de courant continu 200 μA à 200 mA ; - 5 gammes de résistance 200 ohms à 2 Mohms ; - Test de diodes ; - Précision 0,8%.

349 TTC

DM15

Le DM15 est le grand frère du DM10. Il offre 27 gammes de mesure ainsi qu'un bip sonore pour le test de continuité. Indication automatique de la polarité. Protégé comme le DM10 par diode et fusible.

447 TTC

DM20

Pour vérifier le gain des transistors et faire des mesures de conductance, le multimètre DM20 représente le meilleur choix. Il dispose en outre de 30 gammes de mesure et surtout d'un calibre 2A. Autre caractéristique intéressante il peut faire des mesures de résistance sous deux niveaux de tension.

497 TTC

DM25

En plus des fonctions proposées par le DM20 ce multimètre se caractérise par une gamme de mesure de capacité pouvant aller jusqu'à 20 μF en 5 calibres. Il dispose également d'un test sonore de continuité.

689 TTC

DM800.850

La caractéristique essentielle de la série 800 de BECKMAN est de proposer la mesure sur 4 1/2 digits. Ils disposent en standard d'une fonction mémorisation de l'affichage et d'un petit fréquencemètre intégré (200 kHz) ainsi que bien évidemment toutes les fonctions de la famille DM...

Le DM800 mesure la tension en valeur moyenne.

Le DM850 mesure la tension efficace vraie.

DM800 1356 TTC

DM850 1650 TTC

COMMANDER CHEZ PENTA : C'EST SIMPLE !

- SUR PLACE DANS L'UN DES 9 POINTS DE VENTE PENTA
- PAR TELEPHONE, COURRIER, TELEX, FAX (voir adresses).
- PAR BON DE COMMANDE ADMINISTRATIONS, SOCIETES, ETC.

LES LIVRAISONS PENTA : C'EST EFFICACE !

- DEPART MAGASINS SOUS 48 HEURES (selon disponibilité)
- PORT GRATUIT A PARTIR DE 7000 F DE COMMANDE EN FRANCE METROPOLITAINE.

LA GARANTIE PENTA : C'EST SERIEUX !

- LA MISE EN SERVICE PERSONNALISEE DE NOS APPAREILS EST FAITE DANS NOS MAGASINS
- NOTRE MATERIEL EST GARANTI 1 AN PIECES ET MAIN D'OEUVRE.
- CONTRAT DE MAINTENANCE SUR SITE, NOUS CONSULTER.

HD 153 LE PROFESSIONNEL...

Comme vous le savez les multimètres digitaux ont beaucoup de qualité mais également le défaut de ne pas autoriser une lecture du coin de l'œil comme on peut le faire avec un appareil à aiguille. Difficile également d'apprécier les variations d'une valeur qui fluctue. Tout ceci est maintenant résolu par la fonction sonore du HD153. A votre demande un son fluctuera en fréquence pour suivre les variations des tensions (courants ou résistances) mesurées. Vous pouvez maintenant contrôler une expérience sans être rivé au cadran de votre multimètre. Toutes les autres caractéristiques de cette machine sont bien entendu du même professionnalisme.

1545 TTC



ATTENTION : LE SERVICE CORRESPONDANCE EST FERME LE SAMEDI

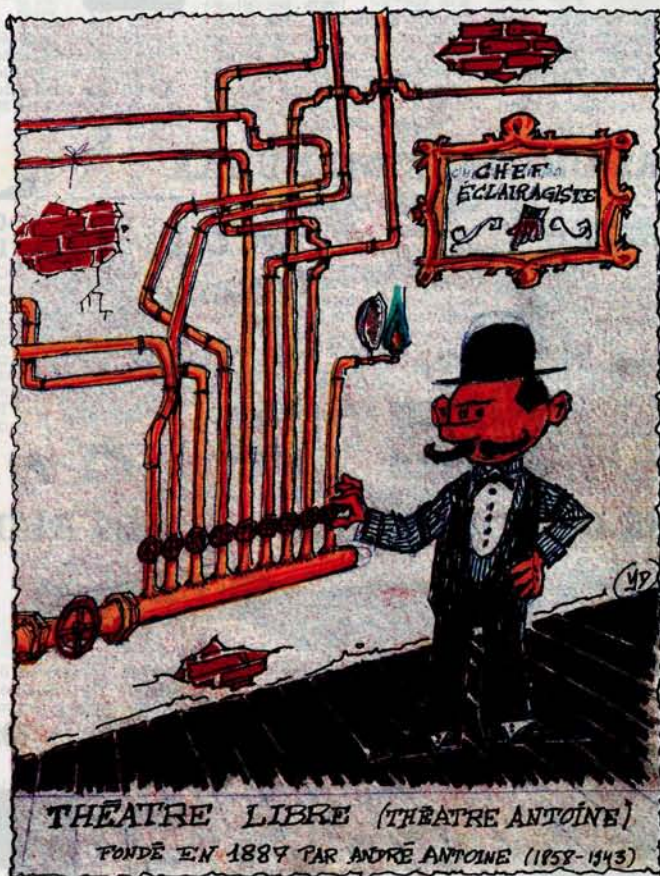
TOUS NOS PRIX S'ENTENDENT TTC

9 POINTS DE VENTE PROFESSIONNELS

Jeu d'orgue

ou les coulisses d'une bande dessinée

Voici l'essentiel d'une conversation téléphonique entre Yvon Doffagne dans son rôle habituel de dessinateur de la bande dessinée Rési&Transi qui paraît tous les mois dans ELEX, et Denis Meyer dans son rôle habituel de rédacteur, au sujet des deux pages de BD de ce mois-ci. Pour suivre leur dialogue, il faut savoir que chaque mois la rédaction (Jean-Paul Brodier et DM) choisit un thème puis prépare des dialogues et un découpage plus ou moins figolé des deux pages de BD, avant de les soumettre à Yvon Doffagne. Précisons encore qu'Yvon est un passionné de théâtre et qu'il s'y connaît en scénographie. Cela se passait le 6 juin 1989



THÉÂTRE LIBRE (THÉÂTRE ANTOINE)
FONDÉ EN 1889 PAR ANDRÉ ANTOINE (1858-1943)

- Allo Yvon ?
- Oui.
- Salut, c'est Denis.
- Ça va ?
- Oui, on vient de boucler le n°12 d'ELEX. Il sera imprimé ce soir. Je t'appelle pour la bande dessinée du n°13.
- Tu as un thème ?
- Oui, on a pensé illustrer le fonctionnement d'un afficheur à 7 segments puisqu'il sera question d'électronique et de lumière dans ce nouveau numéro.

André Antoine (1858-1943)

Acteur, metteur en scène, directeur de théâtre (Théâtre Libre, Théâtre Antoine, Odéon) après avoir été quelques années employé auxiliaire à la Compagnie du gaz. Tant par les innovations qu'il a imposées, parfois non sans mal que par les projets qu'il n'a pu réaliser, Antoine est considéré aujourd'hui non seulement comme le premier metteur en scène du XXème Siècle, mais il apparaît aussi comme le précurseur de la conception actuelle du théâtre «service public» (pièces nouvelles, salles confortables, places bon marché, ...). L'apport essentiel d'Antoine demeure d'avoir définitivement fondé la mise en scène moderne. Avec lui, le metteur en scène accède, après l'auteur et l'acteur, au rang de créateur. «L'idéal absolu de l'acteur doit être de devenir un clavier, un instrument merveilleusement accordé dont l'auteur jouera à son gré.»

- Ouïe, ça va pas être coton . . .
- Rassure-toi, Yvon, on a une idée, un peu farfelue peut-être, mais qui passerait bien en images : un théâtre dans lequel on donne en spectacle des chiffres sur un afficheur géant à 7 segments.
- Explique un peu . . .
- C'est tiré par les cheveux, je sais, mais imagine une scène de théâtre. On la verrait tantôt depuis les coulisses, tantôt depuis la salle. Avec des personnages qui allument des lampes à gaz ou à pétrole d'après les instructions du metteur en scène.
- Dont le rôle serait tenu par le circuit intégré décodeur, j'imagine ?
- Oui, et selon la disposition des lampes allumées, on verrait apparaître, côté salle, les chiffres demandés par le régisseur. Ça ne te paraît pas trop compliqué ?
- Pas du tout, je vois même très bien. En fait, c'est un jeu d'orgue, ton truc.
- Un orgue ? Non . . . je crois que je me suis mal expliqué . . .
- Si, j'ai compris. C'est du jargon de mise en scène. Au théâtre, la commande du système d'éclairage s'appelle un jeu d'orgue. Ça date de l'époque où les théâtres étaient encore éclairés au gaz . . .
- Mmm ?
- A la fin du XIXème siècle, on s'est mis à faire des décors naturalistes, très pittoresques, avec plein de détails réalistes. Pour faire plus vrai, on n'hésitait pas par exemple à faire couler de vrais ruisseaux sur la scène . . . Et pour obtenir un éclairage raffiné, Antoine, le metteur en scène et directeur du Théâtre Libre à Paris a fait regrouper tous les robinets à gaz sous les mains du chef éclairagiste.

Comme tous les tuyaux à gaz convergeaient vers le même point...

- Ça y est je comprends; les rangées de tuyaux évoquaient la façade d'un orgue.
- Exactement; le même Antoine a d'ailleurs compris très tôt le parti qu'il tirerait de l'électrification de l'éclairage de scène pour accentuer le réalisme du décor. Aujourd'hui l'éclairage est commandé par microprocesseur, il y a des mémoires et tout, mais ça s'appelle toujours un jeu d'orgue.
- Quelle coïncidence ! On a mis en plein dans le mille sans s'en rendre compte, avec notre histoire d'afficheur à 7 segments à gaz. Alors on fait comme ça ?

- D'accord. Tu m'envoies ton scénario, je fais les esquisses et je te télécopie un brouillon de découpage avant la fin de la semaine.
- Les planches en couleur doivent être prêtes pour le 25. Tu y arriveras ?
- Oui, bien sûr. Je te ferai aussi un petit dessin avec le chef éclairagiste du Théâtre Antoine.

[...]

896122



A propos de coulisses de bande dessinée, nous vous invitons dès maintenant à surveiller vos programmes de télévision au cours du mois de Septembre, car Yvon Doffagne et Rési&Transi passeront dans l'émission *Allô Marie-Laure* sur TF1 un samedi matin vers 11h30. A l'heure de boucler cette page nous ignorons encore la date exacte de l'émission.

Photo Jean-François Gallier

cheval de cirque

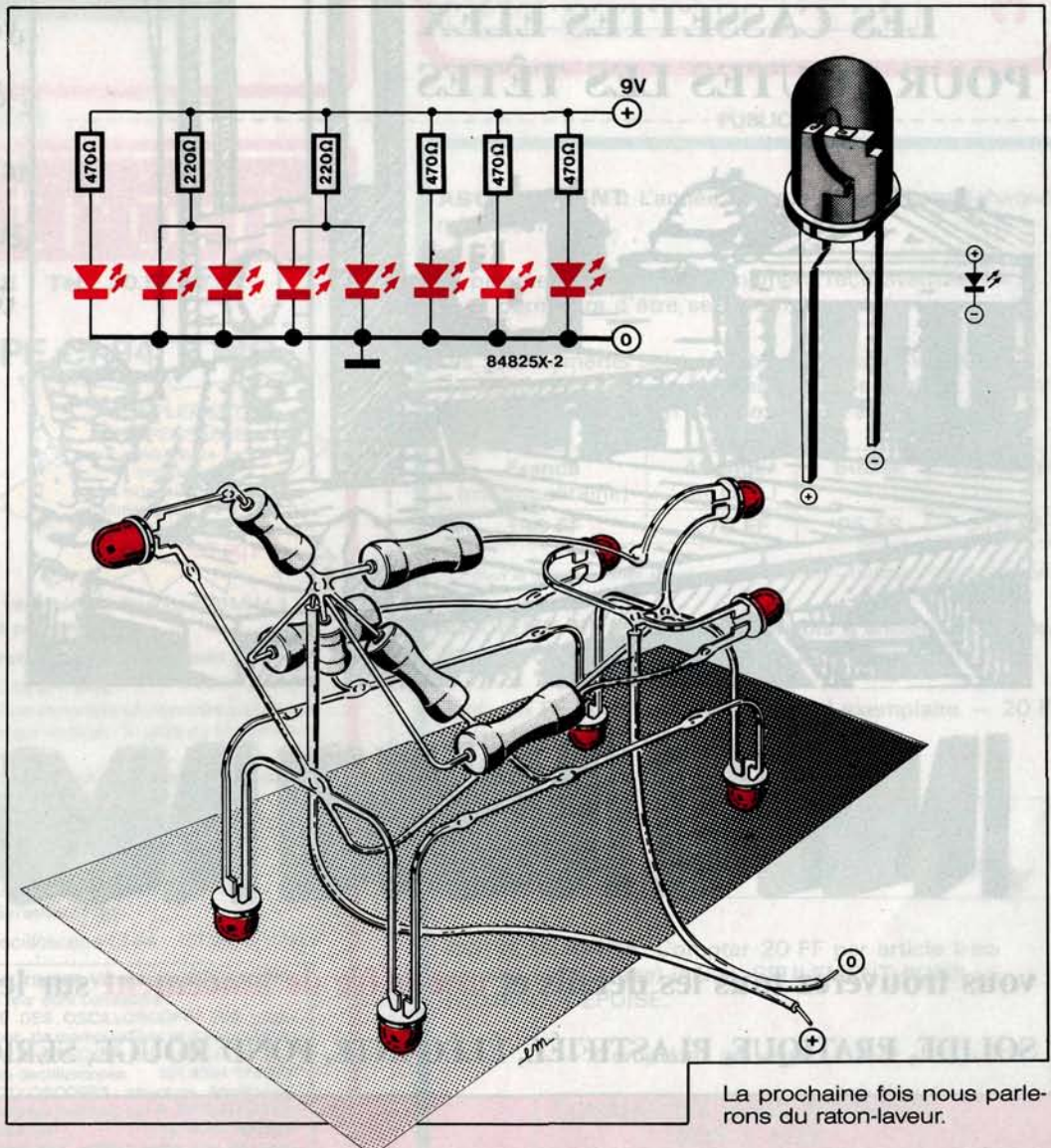
Voici un petit cheval constitué de LED de 3 mm et de résistances. Sa construction fera appel à vos dons artistiques, son alimentation à une source quelconque de 5 V (une pile plate de 4,5 V fera l'affaire). Le pôle positif de l'alimentation est raccordé à l'encolure, le pôle négatif à la croupe.

La limitation du courant dans les LED est assurée par des résistances de 470 Ω , sauf pour les pieds, qui sont connectés en parallèle et alimentés par des résistances de 220 Ω .

En progression normale, au pas ou au trot, un cheval pose un "diagonal" et avance l'autre. Un diagonal est constitué des deux membres d'une diagonale : antérieur droit et postérieur gauche et inversement. Lorsqu'un cheval pose les deux pieds d'un même côté et avance les deux autres, on dit qu'il *amble* ou qu'il *va l'amble*. L'amble est une allure très confortable pour le cavalier, c'est une des allures favorites des poneys islandais par exemple.

Du fait que les LED des pieds sont connectées deux à deux latéralement, notre cheval de cirque a une prédisposition pour l'amble.

Vous ferez attention lors de la fabrication à ne pas surchauffer les LED et à ne pas intervertir les connexions de cathode et d'anode. Toutes les cathodes sont reliées à la croupe et toutes les anodes aux résistances.



La prochaine fois nous parlerons du raton-laveur.