

électronique

elekt

n°11

mai 1989

l'horéat CXCVIII (an 198)

20 FF/46 FB/780 FS
mensuel

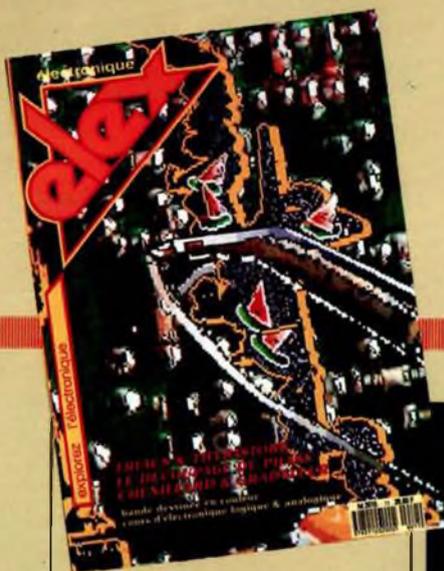
explorez l'électronique

TRIACS & THYRISTORS LE DÉCOUPAGE DE PHASE CHENILLARD & GRADATEUR

bande dessinée en couleur
cours d'électronique logique & analogique

M 2510 - 11 - 20,00 F





SOMMAIRE ELEX N°11

RUBRIQUES

- 6 **elexprime**
- 27 **elexpérience : ruban adhésif**

RÉSIST&TRANSI

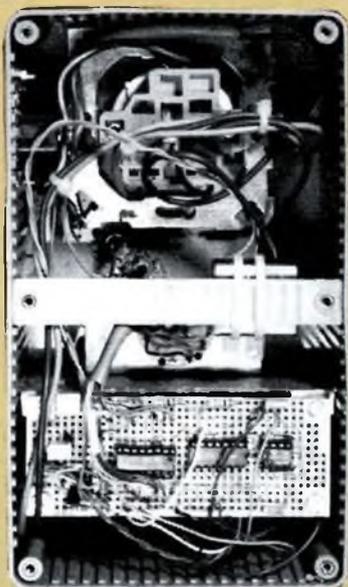
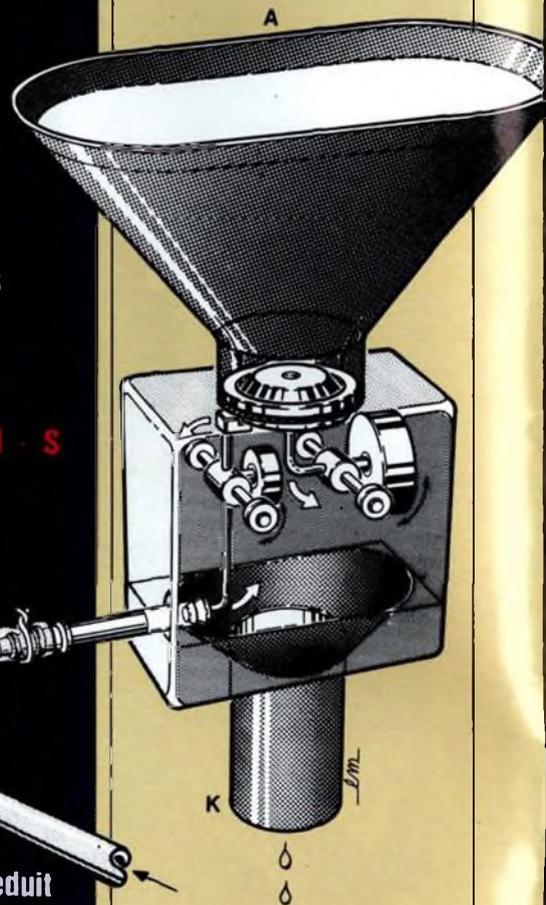
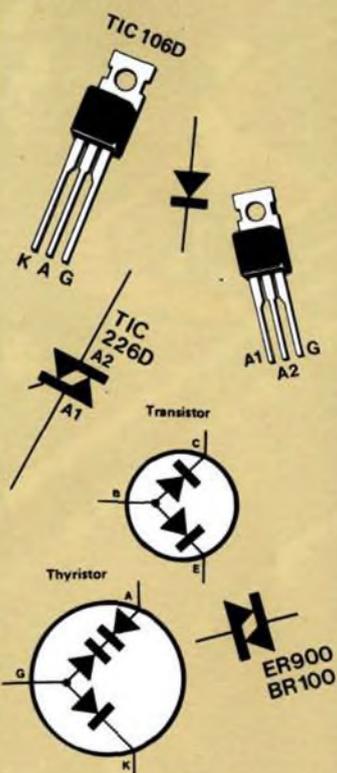
- 4 **Dis donc, le triac**

INITIATION

- 48 **un, deux, quatre...**
- 53 **analogique anti-choc 6^{ème} épisode**
- 58 **la logique sans hic II (4^{ème} partie)**
- 10 **les phases**
- 12 **le découpage de phase**
- 14 **les semi-conducteurs à 4 couches**

RÉALISATIONS

- 16 **THYRISTORS et TRIACS gradateur simple**
- 18 **économiseur d'ampoules**
- 22 **chenillard à triacs**
- 26 **mémoire de sonette**
- 28 **multiflash**
- 31 **éclairage permanent de modèle réduit**
- 34 **interphone bidirectionnel**
- 38 **allume tes phares !**
- 42 **éteins tes phares !**
- 49 **temporisateur pour labo photo**





ATTENTION : CE NUMÉRO D'ELEX EST DANGEREUX !

Au fil des numéros d'ELEX, une de nos rubriques prend une importance inattendue, c'est «elexprime». Sans tarder certains lecteurs ont exprimé leur désapprobation et des voix s'élèvent maintenant pour demander avec véhémence la suppression du courrier des lecteurs. Cette rubrique est utile, un peu comme un miroir, même déformant. Il n'est pas question cependant qu'elle déborde du cadre des deux ou trois pages qu'elle occupe actuellement. Nous nous efforçons donc d'abréger nos propres réponses pour laisser l'espace libre à la confrontation de vos lettres que nous aimons croustillantes.

Pour canaliser une partie du courrier volumineux que vous nous adressez, et pour répondre à une demande formulée explicitement par de nombreux lecteurs, nous décidons d'ouvrir une page de petites annonces gratuites à partir du numéro de septembre. Inutile d'envoyer vos petites annonces pour l'instant, attendez la grille et les conditions détaillées que nous publierons le mois prochain. Dès le mois prochain nous serons en mesure de satisfaire une autre demande formulée fréquemment par nos lecteurs : des classeurs de rangement pour monter une collection pratique des anciens numéros ELEX. Chic alors !

Dans l'immédiat, le sommaire ci-contre est copieux. Après les considérations évanescences sur les hautes-fréquences du mois dernier, il nous remet les pieds en face des trous avec LE DÉCOUPAGE DE PHASE. Cette technique banale est fascinante. C'est avec elle que l'on procède de façon fort efficace à la réduction de puissance d'appareils alimentés en courant alternatif. Elle méritait bien qu'on lui consacre une grosse partie d'un numéro comme nous le faisons ici, avec une approche à la fois théorique et pratique. Non seulement nous ne prétendons pas épuiser le sujet, mais en plus nous sommes convaincus dès maintenant que certains défauts, qu'il s'agisse d'oublis graves ou de simples coquilles, apparaîtront avec quelques semaines de recul. Apprendre à apprendre, cela s'apprend... en partie aux dépens de celui à qui on apprend.

Au moment de boucler ce magazine, phase - c'est le cas de le dire - cruciale, nous espérons néanmoins avoir trouvé des exemples, des applications, des illustrations, et surtout un ton qui permettra au plus grand nombre d'entre vous, de ne plus redouter les triacs et d'en maîtriser la mise en oeuvre. Et voilà déjà que nous mettons le doigt sur le premier gros défaut de ce numéro : malgré les précautions concernant les platines sur lesquelles doivent être réalisés les montages alimentés directement en 220 V, malgré les têtes de mort placées sur les schémas, on n'insiste peut-être pas assez explicitement dans les textes sur les règles de sécurité et sur la nécessité absolue de les respecter sans broncher. Qui dit découpage de phase, dit 220 V, c'est-à-dire danger de mort. Reçu cinq sur cinq ?

PS : le mois prochain, nous mettrons l'accent sur des applications de compteurs dont l'étude du fonctionnement a été abordée ce mois-ci dans la logique sans hic. Les transformateurs seront également à l'honneur, notamment dans la BD. Pour plaire à notre fidèle Eugène qui nous bassine à ce sujet depuis des mois, nous vous proposerons à condition qu'il reste assez de place - un système de transmission de signaux par l'infra-rouge. Sacré Eugène !

Selectronic

TEL 20.52.98.52 - 86 rue de Cambrai BP 513 - 59022 Lille Cedex
LE LEADER DE L'ELECTRONIQUE PAR CORRESPONDANCE

Vous propose en kit les réalisations décrites dans ELEX !

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

REFERENCE DU KIT	PRIX DU KIT	CIRCUIT IMPRIME A PREVOIR	COFFRET CONSEILLE (EN OPTION)
ELEX n° 1			
Testeur de continuité (avec H.P.)	101.8580	58,00 F	ⓐ RG2
Sirène de vélo (avec H.P.)	101.8581	70,00 F	ⓐ 30M
Testeur de transistors	101.8582	50,50 F	ⓐ RG2
Alimentation stabilisée 0 à 15V (avec 2 galvas)	101.8583	345,00 F	ⓐ EB16/08
Balace pour auto-radio	101.8584	51,00 F	ⓐ RG1
Commande de plafonnier	101.8585	41,00 F	ⓐ -
ELEX n° 2			
Gradateur pour lampe de poche	101.8586	20,00 F	ⓐ -
Minuteur de bronzage (avec buzzer)	101.8587	85,00 F	ⓐ RG3
Pressac électronique	101.8588	22,00 F	ⓐ RG1
Ohmmètre linéaire (avec galva)	101.8589	143,00 F	ⓐ RG3
Gyrophare de modèle réduit	101.8590	32,00 F	ⓐ -
Etage d'entrée pour multimètre	101.8591	32,00 F	ⓐ RG2
Chargeur d'accus universel	101.8592	174,00 F	ⓐ EB16/08
Platine d'expérimentation DIGILEX	101.8593	188,00 F	ⓐ RA2
ELEX n° 3			
Minuterie électronique (avec H.P.)	101.8594	54,00 F	ⓐ RG2
Testeur de polarité	101.8595	22,00 F	ⓐ RG1
Arrosage automatique	101.8596	53,00 F	ⓐ RG2
Décade de résistance	101.8597	165,00 F	ⓐ EB21/08
Thermomètre	101.8598	126,00 F	ⓐ RG3
Décade de condensateurs	101.8599	142,00 F	ⓐ EB21/08
ELEX n° 4			
Compte tours (avec galva)	101.8611	123,50 F	ⓐ RG2
Mini amplificateur TDA 2003	101.8612	38,50 F	ⓐ RG2
Régulateur de vitesse pour mini-perceuse	101.8613	218,00 F	ⓐ RG4
ELEX n° 5			
Amplificateur de poche "CANARI"	101.8610	36,50 F	ⓐ RG2
Variateur de vitesse pour caméra	101.8614	65,00 F	ⓐ RG2
Alimentation universelle	101.8615	184,00 F	ⓐ RG4
Traceur de courbes pour transistors	101.8616	25,00 F	ⓐ 20M
Relais temporisé	101.8617	68,00 F	ⓐ -
Touche à effleurément	101.8618	52,50 F	ⓐ RG3
Testeur de diodes Zener	101.8619	59,00 F	ⓐ RG2
ELEX n° 6			
Corne de brume pour modélisme	101.8620	32,00 F	ⓐ RG1
Photomètre électronique	101.8621	53,00 F	ⓐ RG2
Feux de stationnement	101.8622	62,00 F	ⓐ RG1
Mini-alarme	101.8623	29,00 F	ⓐ RG1
Balysage automatique	101.8624	29,00 F	ⓐ RG1
Brûleur "DIESEL" pour modélisme	101.8625	26,00 F	ⓐ RG1
ELEX n° 7			
Indicateur de gel	101.8626	28,00 F	ⓐ RG1
Sirène (avec H.P.)	101.8627	75,00 F	ⓐ RG4
Lampe de poche pour labo photo (avec boîtier HEILAND)	101.8608	58,00 F	ⓐ -
ELEX n° 8			
Ampli pour micro	101.8651	30,00 F	ⓐ RG2
Régulation train électrique (avec coffret papier ESM)	101.8652	248,00 F	ⓐ -
Ampli "POUCHE-POULE" (avec H.P.)	101.8654	35,00 F	ⓐ RG2
Métronome (avec H.P.)	101.8655	43,00 F	ⓐ RG2
ELEX n° 9			
Alim 12V / 3A (avec radiateur)	101.8656	275,00 F	ⓐ EB21/08
Inter à cliques	101.8657	70,00 F	ⓐ RG3
Circuit de pontages pour train (avec alim.)	101.8658	210,00 F	ⓐ RG3
ELEX n° 10			
Jeu d'adresse (avec alim.)	101.8659	138,00 F	ⓐ -
Amplificateur d'antenne FM (avec alim.)	101.8660	152,00 F	ⓐ RG3
Mesureur de champ	101.8661	78,00 F	ⓐ RG2
Récepteur G.O.	101.8662	68,00 F	ⓐ -
Adaptateur Fréquence-mètre	101.8663	87,00 F	ⓐ RG2
Gong à 3 notes	101.8664	85,00 F	ⓐ RG2
PRIX PAR QUANTITE : NOUS CONSULTER			
CIRCUITS IMPRIMES ELEX			
ⓐ Platine n° 1 40 x 100 mm	101.8485	23,00 F	
ⓑ Platine n° 2 80 x 100 mm	101.8486	38,00 F	
ⓒ Platine n° 3 160 x 100 mm	101.8487	80,00 F	
ⓓ Platine DIGILEX	101.8488	88,00 F	
ⓔ Platine EPS 886087	101.8489	47,60 F	
COFFRETS EN OPTION : Ces coffrets sont donnés à titre indicatif comme convenant au montage correspondant (voir notre CATALOGUE GENERAL)			
-RG1	103.7640	23,00 F	- 20 M 103.2283 16,20 F
-RG2	103.7632	28,50 F	- 30 M 103.2285 27,50 F
-RG3	103.7641	39,00 F	- EB 21/08 FA 103.2215 77,40 F
-RG4	103.7642	52,00 F	- EB 16/08 FA 103.2209 53,60 F
-RA2	103.2303	103,00 F	



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

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

elexprime



Cette rubrique à géométrie variable ne prétend pas donner des cours particuliers d'électronique. Sa fonction est de refléter l'humeur de ceux et celles qui se donnent le mal de nous écrire et à qui il nous est impossible de répondre individuellement. Nous tenons compte des suggestions que vous faites, et c'est par le contenu même de ce numéro d'Elex et des suivants que nous répondrons aux questions qui nous sont posées.

SAMI 1 et SAMI 2

Dans le cadre de l'enseignement de la technologie, les élèves des classes de troisième du collège E.

Phalempin de Bully-les-Mines ont réalisé deux modules permettant la Simulation d'Automatismes par Maquette Informatique. Ces deux modules appelés SAMI 1 et SAMI 2, sont pilotés par un micro-ordinateur de la gamme Thomson (MO5, MO6, TO7, TO7170) et nécessitent uniquement le contrôleur de communication CC90232 pour l'imprimante. Ils permettent

- une initiation à la Robotique avec les notions de sorties
- l'apprentissage du Codage Binaire et Hexadécimal
- la réalisation d'un jeu de lumière ou chenillard
- la visualisation des notes de musique
- l'apprentissage du BASIC ou du Logo
- SAMI2 peut simuler en plus les feux tricolores avec passage de piétons
- et d'autres utilisations au gré de l'imagination...

Ces deux réalisations en PVC et en plexi sont la concrétisation des objectifs à atteindre en technologie, à savoir l'approche de la mécanique, de l'informatique, de l'électronique et de la gestion.

Adressez votre demande de renseignements à :

Monsieur F. Wojtaszak
professeur de Technologie
Collège E. Phalempin
69, rue Condorcet
62160 Bully-les-Mines

Voilà qui va peut-être intéresser Monsieur Bonhomme de Meaux, qui nous parlait de robots dans Elexprime du n° 10.

Beaucoup de lecteurs nous demandent une "étude

pratique et théorique" de tel ou tel montage décrit dans la revue. Certains disent franchement qu'ils ont l'intention d'en faire le sujet de leur dossier de fin de stage ou de fin d'études.

Questions de la rédaction aux lecteurs, enseignants ou étudiants, qui se sont déjà fait une idée sur le sujet :

- Est-il courant de fournir comme rapport de stage un article de revue, qu'il soit ou non sérieux, bien rédigé, bien illustré, clair, précis et plein d'humour comme nous nous efforçons de les faire ?
- Pouvons-nous connaître nos notes et les barèmes de correction ?

En attendant des réponses, nous sommes là pour aider ces lecteurs et ils ont bien raison de s'adresser à nous. La revue est pleine de montages, certains sont originaux, tous marchent, et tous présentent un intérêt pour qui veut apprendre, petit à petit, l'électronique et ses applications. Ils ont d'autre part leurs professeurs et maîtres de stage disponibles et compétents. Ils ont donc tout ce qu'il faut pour mener à bien le travail personnel qui leur est demandé. Nous sommes flattés de l'importance qu'il nous attribuent et nous nous efforçons de mériter encore plus leur confiance.



Les différentes demandes relatives à l'oscilloscope en général et notre lettre ouverte aux revendeurs (Elexprime n° 10) pour les appeler à proposer un appareil bon marché ont suscité des réactions. Ce ne sont pas exactement les réactions que nous attendions, et la déception nous donne envie de décocher quelques coups de savate dans le monceau d'arguments fallacieux du genre difficultés d'approvisionnement, service après-vente, gnagnagna. Calambredaines et billevesées !



Un seul coup de chapeau, mais il sera majuscule. Selectronic à Lille, le seul à s'être manifesté, propose cet oscilloscope Torg de fabrication soviétique avec ses deux sondes pour 1350 francs (treize cent nonante) franco de port. Nous prolongeons notre offre jusqu'au mois prochain pour ne pas léser les moins rapides.

CHER ELEX, [...] LA RADIO, LA HIFI NE ME TENTENT PAS, CE QUI SE PASSE DANS UN APPAREIL PHOTO SOPHISTIQUE M'ATTIRE AUTANT QU'UN STEAK À LA FRAISE, LES ENTRAILLES D'UN ORDINATEUR ME SONT INDIFFÉRENTES, ALORS QUOI? ... LA SEULE RUBRIQUE POUR LAQUELLE JE T'ACHÈTE TOUS LES MOIS EST CELLE QUE J'AIMERAIS QUE TU CONSACRES AUX OUBLIÉS DU PETIT TRAIN. BIEN SÛR IL Y A EU QUELQUES ARTICLES POUR LES MODÉLISTES, MAIS SI PEU, TE SÉRAIT-IL POSSIBLE DE CRÉER UNE RUBRIQUE POUR LES FANAS DU TRAIN ÉLECTRIQUE (ET DIESEL, ET À VAPEUR, ET À PÉDALES S'IL EN EST) [...] POUR QUE LES LOCOS S'ARRÊTENT EN RALENTISSANT NORMALEMENT, POUR QU'UN TRAIN NE MORDE PAS LE QUEUE DE L'AUTRE, POUR QU'UN FEU DEVIENNE VERT TOUT SEUL [...] JE LIS TOUT CE QUE TU ÉCRIS, ESPÉRANT PIQUER DANS LES MONTAGES DES IDÉES UTILES AU PETIT TRAIN, MAIS CROIS-MOI, C'EST PAS ÉVIDENT. ALORS VOILÀ, LA QUESTION EST POSÉE, JE SUIS SÛR QUE TU FERAS

MON COUP DE SAVATE

titre de l'article : Rési. et les valseuses

arguments : Quelles couleurs et quel goût !!! Souvenir lointain de mon abonnement à PERLIN PINTIN

OK

Contenu; on a envie de s'abonner

Contenu; on a envie de s'abonner

arguments :

ELEX

titre de l'article :

MON COUP DE CHAPEAU

L'IMPOSSIBLE POUR CRÉER CETTE RUBRIQUE SPÉCIALE ZOZOS DU TRAIN, JE SUIS SÛR D'AILLEURS QUE PARMIS LES MEMBRES DE TA RÉDACTION IL Y A D'AUTRES TIMBRÉS DU RAIL QUI SE FERONT UN PLAISIR DE ME SUIVRE SUR CETTE VOIE. ENFIN, POUR TERMINER, IL Y A À LA FIN DU NUMÉRO 10 UN CHAPEAU ET UNE SAVATE, ALORS JE TE ROUE (AVEC BIELLES) DE COUPS DE CHAPEAU (DE ROUE) ET JE RÉSERVE LE COUP DE SAVATE À TES ÉVENTUELS DÉTRACTEURS [...]

**Yvan DEPASSE
B 1420 BRAINE L' ALLEUD**

Eh bien démarrons sur les chapeaux de roue ! Si nous nous engageons avec vous sur cette voie banalisée, nous vous laisserons hélas continuer haut-le-pied dès le premier aiguillage. Nous ne pouvons pas emmener toute la rame des lecteurs sur des voies à aussi forte pente. Le coefficient de freinage ne nous permet pas non plus de rouler à la limite de la ligne. D'ailleurs vous avez bien compris le mode d'emploi de la revue : utiliser les montages et descriptions pour en faire autre chose que ce que nous avions imaginé. Tous les principes de logique peuvent vous servir à construire et perfectionner au fur et à mesure un block automatique. Les montages BF permettent de sonoriser votre réseau. Vous avez ce mois-ci un éclairage permanent de rame à l'arrêt. Vous voyez que nous avons quelques tronçons en commun. Les timbrés du rail d'EleX attendent la communication de vos trouvailles aussi. Merci d'avance.

Si une parenthèse gastronomique est permise, j'aimerais signaler une fois que je sais pas comment il faut comprendre l'allusion au "steak à la fraise" sous la plume -j'allais écrire "dans la bouche"- de quelqu'un qui habite dans le pays de la bière à la cerise. On se retrouve au wagon-restaurant.

Messieurs, Je viens de découvrir votre revue numéro 8, et je lis en rubrique "EleXprime" que Monsieur Ducieux, d'Antibes, s'inquiète d'avoir un oscilloscope à acheter. Je suis tout à l'opposé de ce point de vue : je suis en pré-retraite, je viens de me lancer dans le modélisme ferroviaire, et voudrais télécommander tout le matériel. J'ai fait jadis un peu de

radio ; c'est vous dire que je repars de zéro -ou presque. La pente est dure à remonter, et les mains secourables sont rares. Si donc vous pouviez me renseigner et me conseiller sur ce genre de télécommande, et surtout sur l'achat d'un oscilloscope, d'un générateur, et d'un fréquencemètre, vous m'obligeriez beaucoup. Je ne suis pas trop regardant au prix, mais je ne souhaite pas acquérir du matériel haut de gamme professionnel, qui ne se justifierait pas. [...]

**M. Jackie CAUCHOIS
78480 VERNEUIL S SEINE**

Encore un mordu du petit train ! Bravo, vous attaquez vous aussi l'électronique avec une idée derrière la tête, avec l'intention d'en faire quelque chose. Ne faites pas de complexes, votre expérience de la radio ne peut que vous servir. La loi d'Ohm n'a pas changé, et les circuits intégrés logiques permettent de faire aujourd'hui sur une petite platine un système qui demandait cinq kilos de lampes, sans compter l'alimentation.

Heureux pré-retraité, qui pouvez ne pas être trop regardant sur le prix du matériel ! Pour un système complet de télécommande ferroviaire, nous ne pouvons guère vous conseiller, sauf à vous renvoyer à une autre revue de notre maison d'édition, Elektor, qui décrit depuis plusieurs mois un super-système à microprocesseur avec toutes les possibilités dont vous n'osez même pas rêver. Il y a un hic : cette description ne s'adresse pas précisément à des débutants. A vous de juger.

Sur les appareils de mesure, et pendant que nous sommes dans notre plaidoyer pro domo : nos collègues d'Elektor ont décrit assez d'appareils, du plus simple au plus compliqué, pour équiper complètement plusieurs laboratoires. Un débutant qui soude proprement peut parfaitement mener à bien la réalisation de ces kits, à condition de monter dans le bon ordre les appareils qui serviront à régler les suivants. Il est évident que le fait de construire les appareils vous-même vous prépare à en faire l'usage le plus fructueux. Ces kits d'appareils de mesure figurent dans les catalogues de nos annonceurs et leur description dans les anciens numéros. Excusez-nous de "passer la main", mais vous allez trop vite pour nos autres lecteurs et vos ambitions dépassent un peu les nôtres, même si

nous sommes contents de les avoir suscitées. Les lecteurs d'EleX moins pressés que vous trouveront dans les numéros à venir des appareils de mesure tout aussi intéressants, mais que nous ne pouvons pas proposer après un an seulement de parution.

Comme le dit un lecteur dans la rubrique EleXprime du n° 10, la radio-commande d'avions s'opère sur 41 et 72 MHz (le 27 MHz, trop encombré, n'est plus guère utilisé) et à ce propos, le mesureur de champ décrit dans le même numéro serait très utile sur les terrains, malheureusement il couvre une plage de fréquence étrangère à nos activités. Pourriez-vous dès lors nous indiquer les valeurs de L1 et C1 de ce montage compatibles avec celles-ci ? Avec mes remerciements, recevez mes salutations distinguées.

**M. Marc DUBOIS
22950 TRÉGUEUX**

Essayons de répondre clairement à cette question claire. A défaut d'avoir prévu pour un temps prochain un article plus complet sur le calcul des bobines en haute fréquence, nous allons vous donner une recette pour modifier sans risque le mesureur de champ du n° 10. Tout d'abord notez que la bande des 41 MHz est couverte, à la limite de la plage utile du mesureur. Comme vous voulez couvrir aussi la plage des 72 MHz, il faut déplacer la fréquence centrale de 27 à quelque 60 MHz.

Nous conserverons le condensateur variable, imitant en cela les appareils professionnels, qui comportent des bobines interchangeables pour le changement de gamme. C'est donc une autre bobine que nous vous proposons. Voici comment calculer le nombre de spires, sans même une calculatrice.

La fréquence de résonance d'un circuit oscillant LC se calcule à l'aide de la formule de Thomson :

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

Le symbole L représente l'inductance de la bobine en henrys, le symbole C la capacité en farads. Nous avons décidé, pour ne pas nous compliquer la vie, de garder le condensateur et de changer la bobine. Comme la valeur de l'inductance intervient au dénominateur de la fraction,

il faut la réduire pour augmenter la fréquence. Comme c'est la racine carrée qui est prise en compte, multiplier la fréquence par deux -et c'est grosso modo ce que nous voulons faire- revient à diviser l'inductance par le carré de deux, soit quatre. Dans la formule de Boucherot, que je ne me rappelle pas bien et que donc je vous épargnerai, la surface embrassée par une spire intervient au premier degré, la longueur de la bobine au premier degré, de même que d'autres facteurs mineurs, comme la longueur d'une spire. L'important est le nombre de spires, qui intervient au carré. Diviser par deux le nombre de spires influe peu sur la longueur de la bobine, pas du tout sur la surface ni sur la longueur d'une spire, puisque nous ne changeons pas le diamètre. Mais la division par deux du nombre de spires provoque la division par quatre de l'inductance et c'est ce que nous voulions obtenir. Et le tour est joué. Attention ! Votre mesureur de champ va fonctionner avec cette nouvelle bobine, mais si ces calculs approximatifs sont valables, c'est parce que le déplacement en fréquence reste minime, que les calculs avaient été faits très précisément pour la version 27 MHz, et que le condensateur variable vous permet de compenser largement une petite erreur éventuelle. Les capacités de câblage prennent un peu plus d'importance à 72 MHz qu'à 27, il faut donc, comme nous le signalons, faire des liaisons courtes entre les composants et monter l'appareil dans un boîtier métallique formant blindage.

Étant lecteur de votre mensuel EleX, je me suis senti lésé dès le premier n° en voyant que vous préconisiez de faire les montages sur vos circuits que vous vous faites un plaisir de nous vendre. Ce ne sont pas là des méthodes pratiques pour les novices que vous prétendez atteindre, bien au contraire ils sont arrêtés par le prix de ces circuits. Si vous voulez vraiment faire un magazine de vulgarisation de l'électronique pour des débutants, pourquoi ne publiez vous pas des circuits gravés à l'anglaise (ce que je fais) ou des circuits imprimés qu'on peut tirer par un autre mode de gravure. Ne perdez pas de vue que vous vous adressez à des néophytes, qui ne demandent qu'à réaliser, mais le prix des composants

et le prix de votre circuit dépasse souvent leurs possibilités. Alors de votre bonne intention, il n'en sort rien. Notez que dans ce courrier, il n'y a pas que du négatif, j'admire [. . .]

**M. P. ROSSARD
94170 LE PERREUX**

La façon positive de voir nos platines est que c'est un moyen rapide, sûr et souple de réaliser un montage. Vous en conviendrez. Vous en serez encore plus persuadé quand vous aurez vu la surprise qui se trouve page 62 à l'intention de tous les lecteurs équipés de moyens photographiques. Il s'agit du typon de la platine d'expérimentation Elex de format 2, égale comme chacun sait à deux platines de format 1. L'absence d'impression au dos permet de l'utiliser directement comme vous le feriez d'un film, pour réaliser vous-même vos platines.

Cependant votre remarque n'est pas la première, aussi est-il probable que d'ici peu nous publierons aussi des dessins de circuits classiques. Ceux qui ont comme vous la pratique du circuit à l'anglaise sauront s'en inspirer pour diriger leur fraise.

Précisons pour les autres que la gravure à l'anglaise consiste à n'enlever du cuivre de la platine que pour réaliser l'isolement. Le circuit est ainsi constitué d'îlots conducteurs juste séparés par un trait de fraise ou de foret fin. Le risque de micro-coupures dans les pistes est exclu, et l'usinage ne fait nullement appel à la chimie, ce qui élimine encore des dangers.

Encore un peu de patience, s'il vous plaît, vous savez combien ce travail de dessin et surtout de contrôle prend de temps. Il y a des délais incompressibles entre la décision et le résultat, si on veut qu'il soit bon.

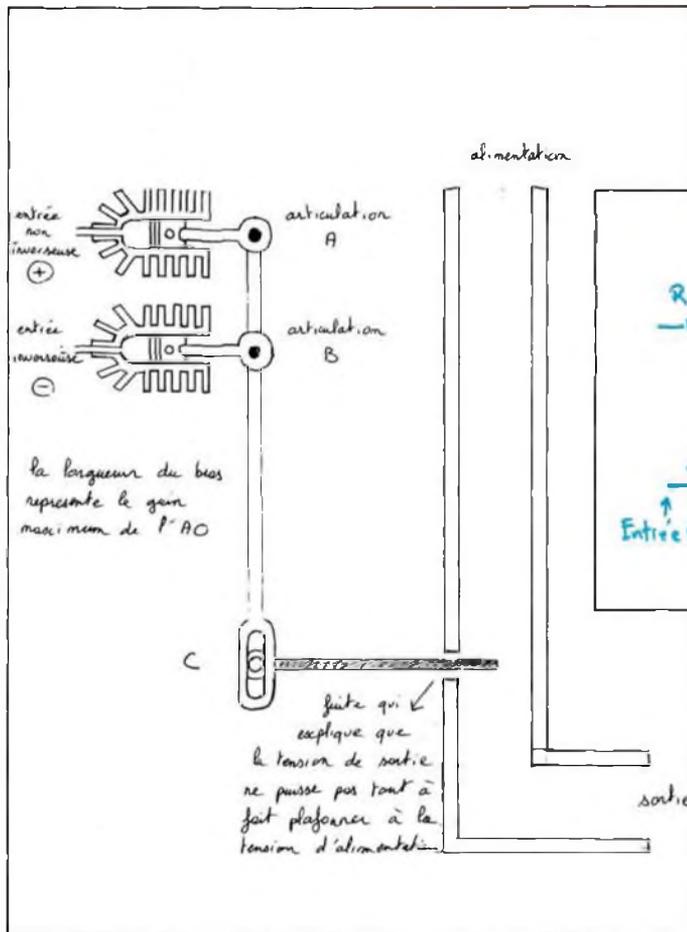
Cher Elex

Je vous remercie pour toutes les analogies avec l'eau que vous nous donnez. (au fait bravo pour le transistor à eau!) J'aimerais maintenant vous en proposer une autre : celle de l'amplificateur opérationnel.

Les deux pistons mesurent les pressions présentes à leur entrées. L'étanchéité permet d'expliquer que la consommation des entrées est théoriquement nulle :

$$i(+)=i(-)=0$$

On observe que pour que le



Rien à corriger, rien à améliorer. Nous publions votre dessin tel quel, les annotations elles-mêmes sont riches d'information. Pour quelle revue travaillez-vous actuellement ?

débit augmente, il faut que l'articulation C se déplace vers la gauche. On a alors deux cas : soit l'articulation B se déplace vers la gauche ET/OU l'articulation A se déplace vers la droite.

Ce phénomène se traduit donc électriquement par : Si $V(-)$ diminue sur l'entrée (-), ET/OU si $V(+)$ augmente sur l'entrée (+), alors V_s augmente. (prise d'Elex n°7 page 9)

On remarque également que soumettre une entrée à une tension de référence consiste à bloquer le piston de l'entrée concernée dans une position fixe. Le bras bouge donc autour de l'arti-

culatation de ce piston. La tension présente sur l'autre entrée est alors amplifiée soit positivement soit négativement.

Il y a sûrement de grosses erreurs dans mon raisonnement, mais je crois qu'il y a quand même une petite idée, qu'il serait peut-être bon que vous corrigiez et que vous amélioriez.

Pourquoi ne pas faire un numéro d'ELEX spécial A.O. ? Et pourquoi ne pas faire une nouvelle rubrique mensuelle qui nous présenterait le calcul des dérivées ?

**M. Dominique Parisot
88300 LONDAVILLE**

Dans le même ordre d'idée, nous avons imaginé une bascule, avec un pivot mobile, l'entrée (+); les deux bras du fléau sont de longueur proportionnelle à la résistance d'entrée (R_1), et à la résistance de contre-réaction (R_2). La hauteur de chaque point figure le potentiel auquel il se trouve.

Déplacez par exemple l'entrée (-) vers le haut, la sortie descend. Déplacez l'entrée (+) vers le haut de la même distance, la sortie retrouve la position initiale. Déplacez le pivot (entrée +) latéralement, ce qui change le rapport de longueur entre les deux bras du fléau. Maintenant l'amplitude des mouvements en sortie change alors que les mouvements en entrée sont identiques. Le défaut de cette représentation par rapport à la vôtre est que le fonctionnement ne peut être illustré qu'en inverseur. L'avantage est que l'établi reste propre et sec.

Vous allez vous régaler avec le thyristor hydraulique de ce mois-ci.



les principes modernes de
la commande de puissance

LE DÉCOUPAGE DE PHASE

«Découpage de phase» voilà la formule magique de la commande de puissance moderne. C'est lui qui permet de piloter le régime d'un moteur ou la luminosité d'un éclairage domestique. Au lieu de laisser passer intégralement la tension alternative, on en découpe des morceaux à l'aide d'un interrupteur électronique construit le plus souvent autour d'un triac.

C'est ce que montre le schéma simplifié de la figure 1 : une source de tension (une prise de 220 V) un consommateur (une ampoule par exemple) et, monté en série entre eux, le triac qui s'ouvre et se ferme en fonction des ordres qu'il reçoit sur sa gâchette.

Au repos, le triac est bloqué; aucune des deux diodes qui composent le symbole de ce composant ne laisse passer de courant. S'il est amorcé au cours d'une alternance, il conduit jusqu'à la fin de la demi-alternance en cours, mais se bloquera dès le passage par zéro suivant. C'est ainsi que naissent les allers de requin de l'oscillogramme de la figure 3.

Sur notre circuit de principe de la figure 1 il manque encore un détail important : le dispositif de commande de la gâchette. Il nous faut des impulsions positives (une par demi-alternance) pour allumer le triac. Or nous ne voulons pas l'allumer immédiatement après le passage par zéro, mais attendre au contraire plus ou moins long-

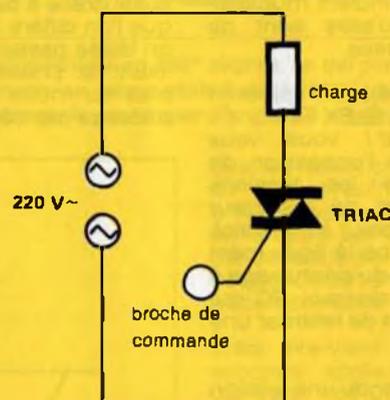


Figure 1 - Un circuit de découpage de phase (les notions de phase et de découpage sont expliquées ailleurs dans ce numéro) ne laisse passer qu'une partie de chaque demi-alternance, mais il n'agit pas sur l'amplitude de crête. La réduction de puissance est obtenue par réduction de la tension efficace.

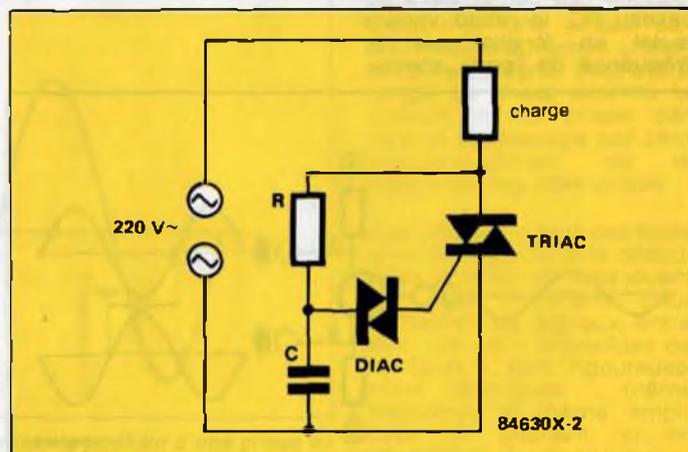
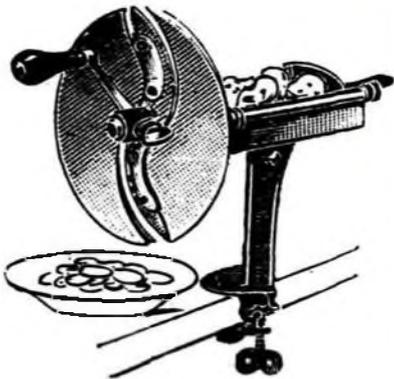


Figure 2 - Le circuit de découpage de phase classique comporte un réseau RC de déphasage de la tension d'amorçage qui empêche l'amorçage du triac dès le début de la demi-alternance. Le déphasage est accentué par la présence du diac.

temps, afin de réduire la valeur moyenne de la tension aux bornes du triac. Il est bien vrai en effet que la tension de crête importe moins que la tension efficace : plus la superficie de l'aire délimitée par chaque demi-alternance sera petite, plus la tension efficace est réduite, et plus la puissance diminue. Pour retarder l'instant de l'allumage du triac, nous utilisons un réseau RC dont nous avons déjà vu à plusieurs reprises qu'il retardait un signal. La tension retardée par le réseau RC de la figure 2 est appliquée à la gâchette du triac par l'intermédiaire d'un diac, lequel ne se met à conduire que lorsque l'amplitude de la tension a atteint environ 30 V. Cette caractéristique introduit un retard supplémentaire indispensable du fait que le déphasage produit par le réseau RC ne dépasse pas 90° (un quart d'alternance).



3225. Machine « Coupe-tout », à mouvement automatique, bâti fonte laqué brun, double coutcan ajusté sur un disque réglable à volonté, pour varier l'épaisseur de coupe, pousoir à glissière et dispositif spécial à vis maintenant l'appareil sur le bord d'une-table.

Or pour réduire la puissance de notre consommateur, il faut pouvoir différer l'instant de l'amorçage jusqu'à la fin quasiment de la demi-alternance, soit un déphasage de près de 180° , de sorte que le triac ne conduise que très brièvement.

Quand le triac se met à conduire, la tension sur le réseau RC s'effondre, le condensateur se décharge, et le réseau est prêt pour retarder la tension d'amorçage au cours de la demi-alternance suivante. En agissant sur la valeur de R, on agit sur l'ouverture de l'angle de déphasage et par conséquent sur l'instant d'amorçage du triac. C'est ainsi que l'on réduit la puissance du consommateur.

84630

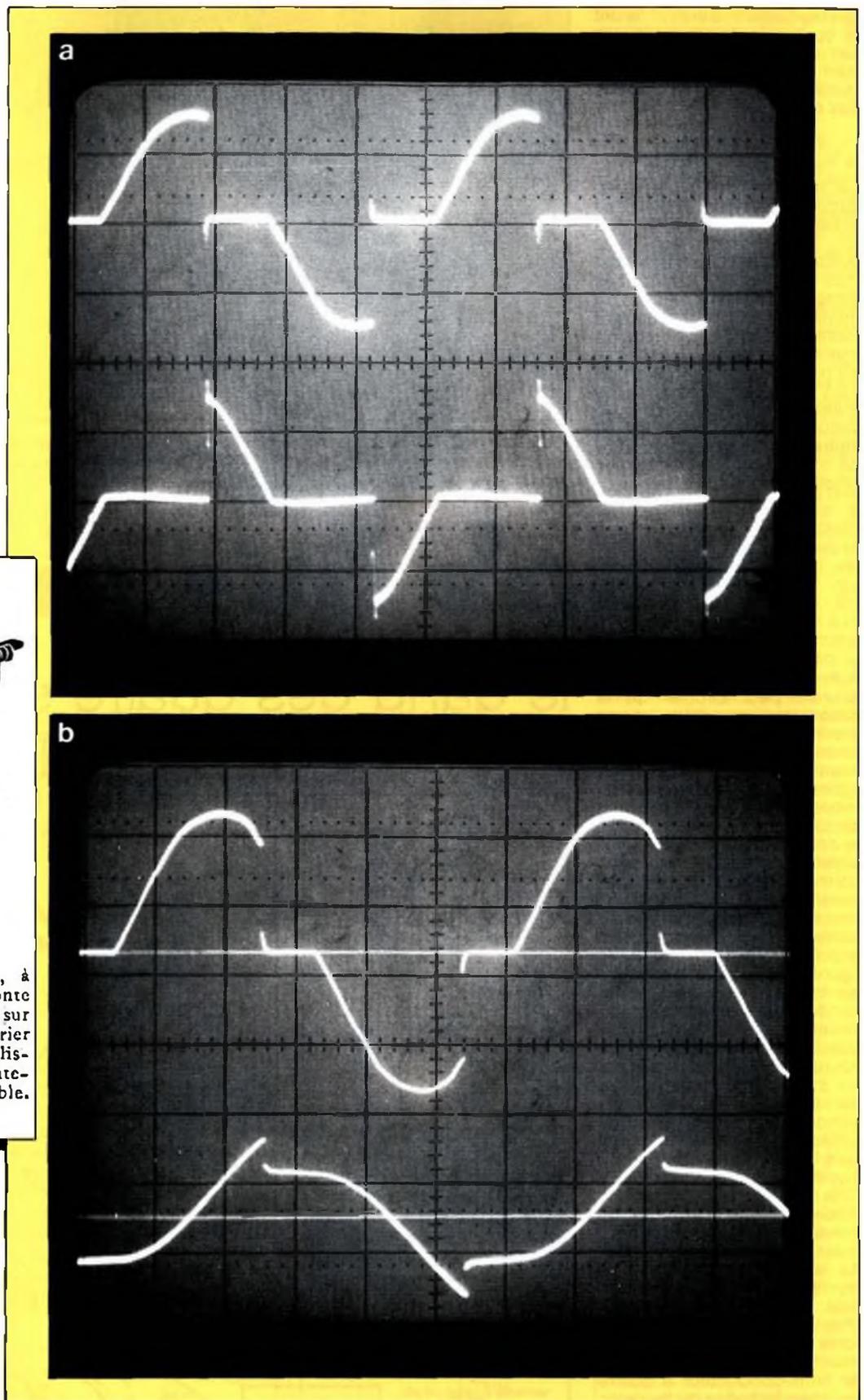


Figure 3a - Voici les signaux relevés sur un gradateur à découpage de phase comme celui de la figure 2. La trace du haut correspond à la tension relevée aux bornes du triac. Cette tension s'effondre quand le triac devient conducteur au cours de la seconde moitié de la demi-alternance; il n'y a plus alors de différence de potentiel entre ses deux anodes. Dès cet instant c'est la charge qui est mise sous tension comme le montre la trace du bas. Si l'on superpose les deux traces, on reconstitue l'onde sinusoïdale complète.

Figure 3b - Ici aussi la trace du haut est celle de la tension aux bornes du triac; dès l'amorçage dans le dernier tiers environ de la demi-alternance, il n'y a plus de différence de potentiel entre les bornes du triac. La trace du bas rend compte du déphasage d'environ 60° qu'a subi la tension relevée aux bornes du condensateur. Examinez le décalage entre les passages par zéro des deux ondes ! Celle du bas n'est d'ailleurs plus de forme sinusoïdale.

Les thyristors d'abord... Ils ont la couleur des transistors, ils ont la taille des transistors, leur nom sonne comme celui des transistors, mais ce ne sont pas des transistors.

Le thyristor de faible puissance de type BRX49 se présente exactement comme un BC547, avec son petit boîtier noir, ses trois broches. Pour déceler des différences entre un transistor NPN et un thyristor, il faut un ohmmètre (dont la source de tension interne soit de 3 V au moins; s'il n'y a qu'une pile bâton de 1,5 V dans l'ohmmètre cela ne marchera pas), ou encore un circuit comme celui de la figure 2 qui va nous permettre de mettre en évidence les jonctions entre les broches.

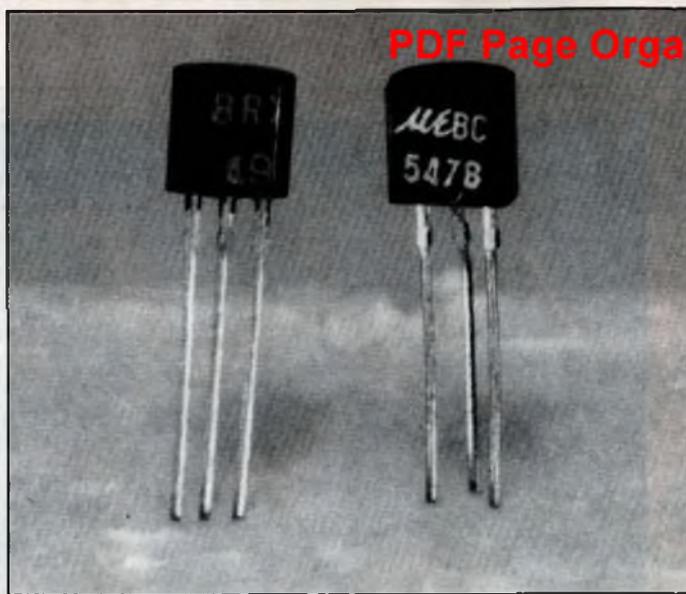


Figure 1 - Ne nous flions pas aux apparences; le boîtier et le nombre de broches se ressemblent, mais un thyristor BRX49 et un transistor BC547 sont deux composants bien différents.

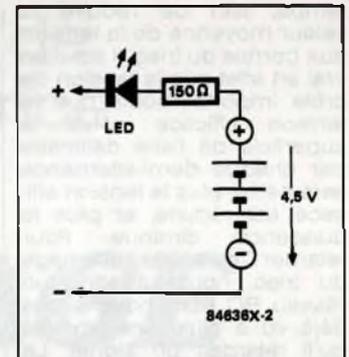


Figure 2 - Ce testeur de continuité archi simple va permettre de nous faire une idée de la vie intérieure du thyristor comparée à celle du transistor. Connectez les points + et - du circuit à deux broches du thyristor, changez de sens, que constatez-vous ?

Quatre fois quatre

Sur un transistor NPN, du courant peut circuler de la base vers les deux autres broches; ce sont les deux jonctions base-émetteur et base-collecteur de la figure 3a. En l'absence de courant de base, il ne peut circuler aucun courant entre le collecteur et l'émetteur. La résistance entre ces deux connexions est infinie. Une résistance d'une dizaine de kilohms entre la base et le collecteur, ou tout simplement le doigt mouillé comme sur la figure 4 suffit pour permettre au courant I_B de rendre conducteur le trajet collecteur-émetteur. Celui-ci se bloque aussitôt que disparaît le courant de base, alors que sur un thyristor, le courant entre les deux connexions correspondant à l'émetteur et au collecteur du transistor entretient lui-même l'amorçage du thyristor.

Cela nous incite à rajouter une diode dans le symbole de transistor de la figure 3a pour créer le symbole de thyristor de la figure 3b. En réalité le thyristor comporte d'ailleurs trois jonctions, et comme chacune de ces trois jonctions est établie entre deux couches de silicium, on parle de semi-conducteur à quatre couches à propos du thyristor. Ce composant s'est aussi appelé transistor PNP. Au repos le thyristor est bloqué tout comme le transistor. Pour l'amorcer ou l'allumer, on peut procéder comme pour le transistor, avec une résistance de 10 k rellée au pôle positif, ou tout simplement le doigt mouillé. Il suffit d'une brève impulsion de base, oh pardon, de gâchette pour amorcer le thyristor.

le gang des quatre semi-conducteurs à trois jonctions

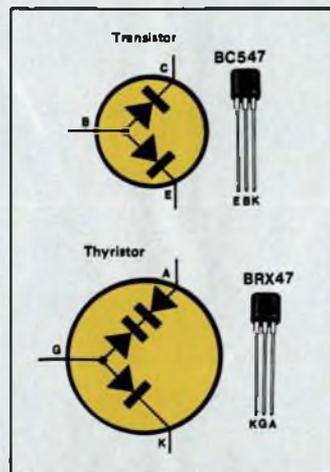


Figure 3 - Les essais au multimètre ou au testeur de continuité de la figure 2 permettent d'établir des différences fondamentales entre le transistor et le thyristor.

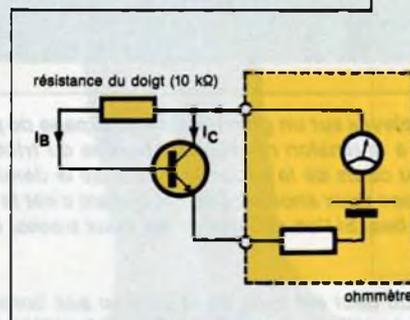
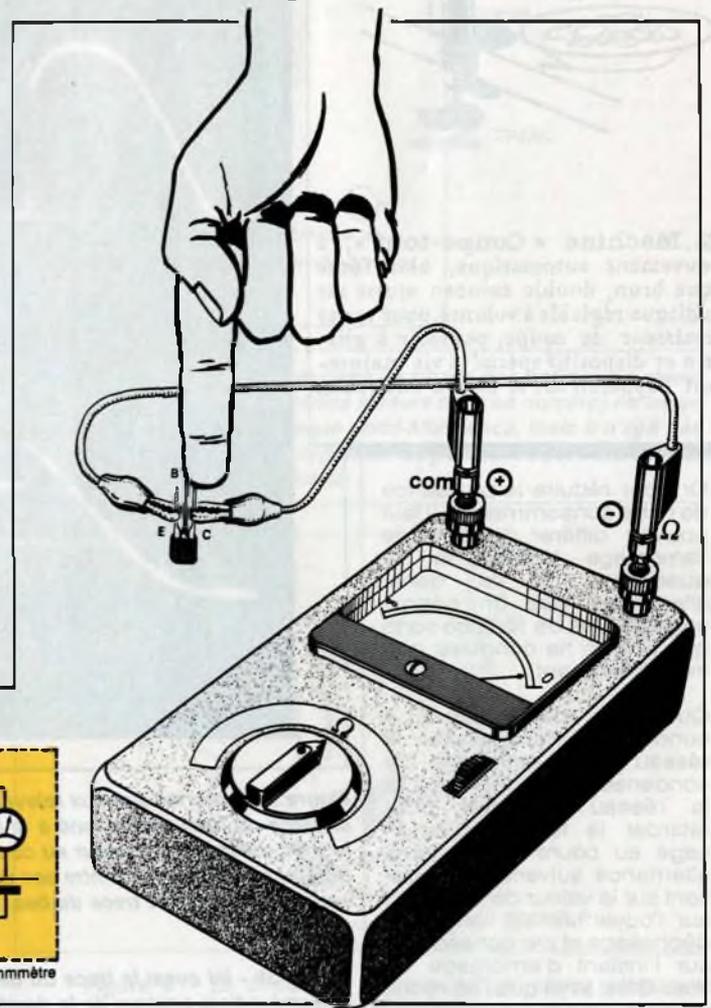


Figure 4 - Pour que le transistor ou le thyristor se mettent à conduire, il faut les amorcer avec un courant de base ou de gâchette. Une fois amorcé, le thyristor reste conducteur même s'il ne circule plus de courant de gâchette, contrairement au transistor qui se bloque s'il ne circule plus de courant de base.



Contrairement au transistor qui se bloque quand disparaît le courant de base, le thyristor reste conducteur. Il faut que le courant principal disparaisse pour que le thyristor se bloque (ce qui revient à supprimer l'effet de la diode médiane rajoutée sur la figure 3b).

En résumé, l'anode du thyristor comme celle d'une diode doit être reliée à un pôle positif par rapport à celui de la cathode qui sera donc polarisée négativement par rapport à l'anode. Les impulsions de gâchette doivent être positives. S'il est polarisé en sens inverse, le thyristor est bloqué. Que pensez-vous de notre modèle hydraulique de thyristor de la figure 5 ? L'eau s'écoule de haut en bas, de l'anode représentée sous forme d'entonnoir-réservoir vers la cathode. Le petit tuyau correspond à la gâchette. Pour l'instant le système est bloqué et il ne coule rien, car le fond de l'entonnoir est bouché par une soupape poussée vers le haut par le contre-poids cylindrique à l'extrémité du balancier. Le poids de l'eau dans l'entonnoir suffirait à repousser la soupape vers le bas si le balancier de gauche, en position verticale, n'appuyait pas contre la soupape pour la bloquer. Imaginons à présent l'arrivée d'un bref jet d'eau par le tuyau de la gâchette. Le pointeau qui obture le tuyau G est repoussé. Le balancier vertical amorce un mouvement de rotation sur son axe (flèches blanches) et le levier ne bloque plus la soupape qui bouche l'entonnoir. L'eau commence à s'écouler et s'oppose au mouvement du balancier de droite. Celui-ci reste repoussé tant que le flux d'eau est suffisant. S'il vient à tarir, le contre-poids ramène le balancier dans sa position initiale et la soupape referme l'orifice au bas du réservoir de l'anode. Au passage le levier vertical s'écarte puis revient bloquer la soupape. Il faut maintenant une nouvelle impulsion de gâchette pour que le système se débloque. Le thyristor est utilisé entre autres dans les applications industrielles parcequ'il permet de commander avec un excellent rendement le redressement de courants de forte intensité avec une très faible puissance de commande.

Nous voudrions maintenant vous présenter un cousin du thyristor qui est le transistor unijonction programmable (ou *programmable unijunction transistor*), un oiseau rare qui a non seulement une gâchette par où on l'amorce avec des impulsions positives, mais aussi une seconde gâchette par où on peut l'amorcer avec des impulsions négatives. C'est donc

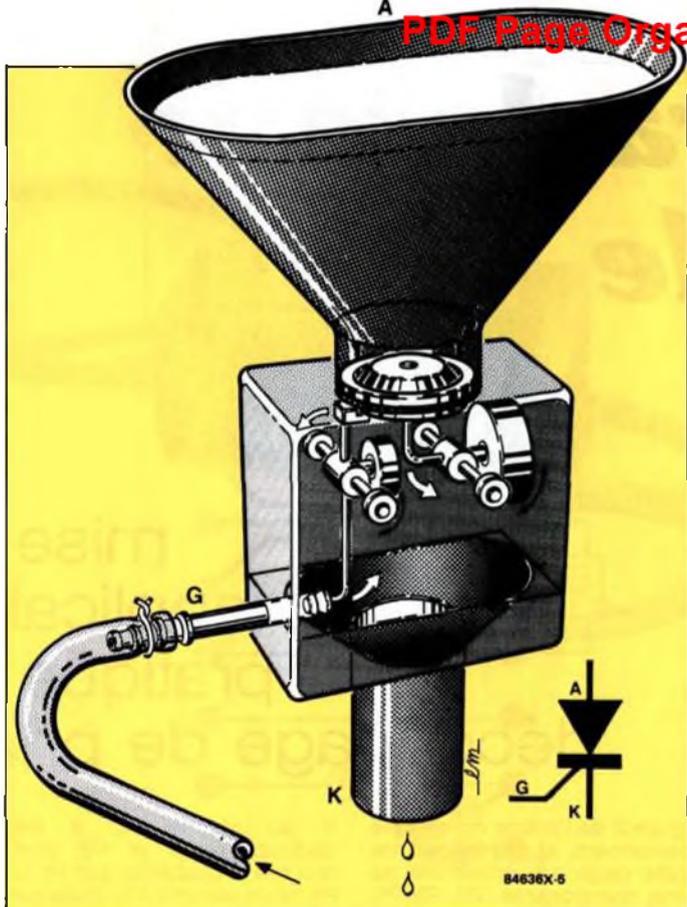


Figure 5 - Modèle hydraulique du thyristor. Une fois ouverte, la soupape qui bouche le réservoir d'anode est repoussée par le flux de l'eau. Le contre-poids ne peut la ramener dans sa position initiale que quand le balancier n'est plus repoussé par l'eau. L'eau ne peut pas circuler en sens inverse.

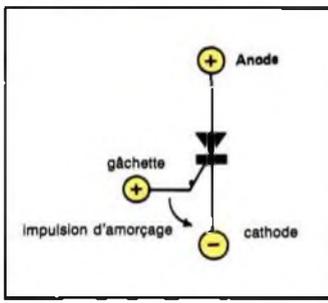


Figure 6 - Le symbole du thyristor rend bien compte de la fonction de ce composant; il ne conduit que dans un sens (de l'anode à la cathode) après avoir été amorcé par une impulsion dont le courant circule de la gâchette (plus) vers la cathode (moins).

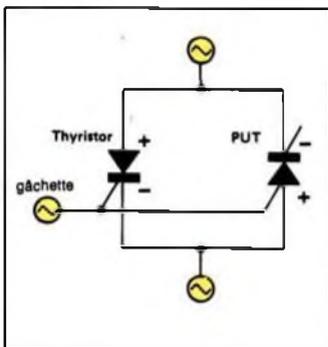


Figure 8 - En associant un TUP et un thyristor on élargit leur champ d'action. Nous voici en présence d'un circuit qui commande le passage de l'alternatif à partir d'une impulsion d'amorçage positive.

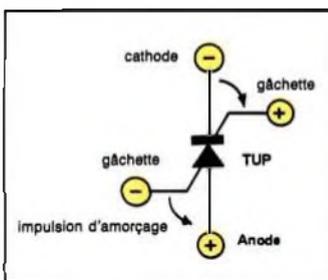


Figure 7 - Le transistor unijonction programmable est un thyristor à deux gâchettes, qui acceptent l'une des impulsions d'amorçage positives, l'autre des impulsions d'amorçage négatives.

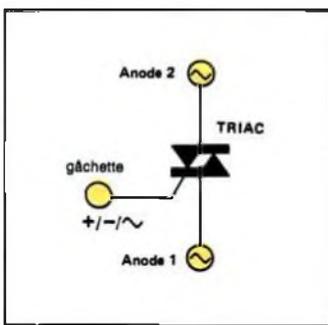


Figure 9 - Le triac conduit dans les deux sens, il répond à toute impulsion d'amorçage, qu'elle soit de polarité positive ou négative.

cette fois un composant à quatre broches. Nous n'en parlons pas ici pour vous forcer inutilement la tête, mais pour élargir notre horizon comme vous allez le voir incessamment. En montant en parallèle un thyristor et un PUT (ou TUP si vous préférez), nous obtenons un dispositif qui avec seulement une impulsion positive devient conducteur dans les deux sens, comme le montre la figure 8. Nous avons donc construit une espèce de super-thyristor qui laisse passer l'alternatif. Formidable, non ? En fait cette fonction est assurée par le composant auquel nous voulions en venir avec cette histoire de PUT, à savoir le fameux TRIAC comme le montre la figure 9.

Pour en finir avec ce gang des quatre semi-conducteurs à quatre couches, voici le DIAC qui, à le voir sur la figure 10 (comparée à la figure 9) est une espèce de TRIAC qui aurait perdu sa queue. En effet, bien qu'appartenant à la famille des 4 couches comme le thyristor, le TUP et le triac, le diac n'a que deux broches. Il s'amorce lui-même, le bougre, dès que la tension à ses bornes dépasse la trentaine de volts. Cela ressemble à une diode zener, diriez-vous ! Oui et non, car la tension qui règne au bornes de la zener devenue conductrice est la tension zener justement. Alors que sur le diac devenu conducteur il ne reste plus les 0,7 V de la jonction. Nous avons l'occasion de retrouver le diac associé au triac dans plusieurs articles de ce numéro.

84638

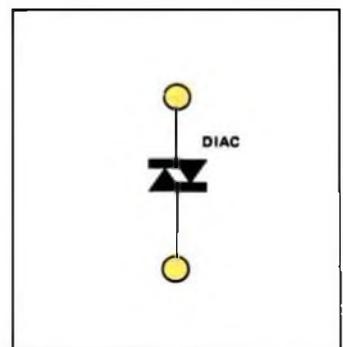


Figure 10 - Le diac est un triac sans gâchette qui s'amorce lui-même dès qu'il voit une tension d'environ 30 V.

un gradateur simple



mise en application pratique du découpage de phase



Les gradateurs ou variateurs sont devenus des objets de grande consommation. Il est vraisemblable qu'à ce jour, le prix des composants nécessaires pour en réaliser un dépasse nettement le prix de vente d'un appareil équivalent au rayon électricité des grandes surfaces. Peu importe ! On ne peut comparer que ce qui est comparable : non seulement le gradateur présenté ici, vous le ferez vous-même, non seulement vous apprendrez par là beaucoup de choses que l'on n'apprend pas dans les grands magasins, non seulement vous aurez un appareil facile à dépanner en cas de panne, mais en plus vous aurez sur votre gradateur une possibilité de suppression ou au moins de réduction des plages mortes en début et en fin de gradation, option rarissime sur les gradateurs du commerce.

En pratique, l'inconvénient majeur de l'appareil fait maison par rapport à l'appareil du commerce est son encombrement. Par souci de sécurité nous ne vous inciterons pas à chercher à miniaturiser votre gradateur, au contraire... alors qu'il existe désormais des gradateurs de fabrication industrielle qui ne sont pas plus grands que certains interrupteurs !

Vous trouverez dans ce numéro d'ELEX des pages entières consacrées au triac, au diac, aux phases et au découpage de phase. Il est donc inutile de revenir sur ces points. Le réseau RC de déphasage de la tension d'amorçage est décrit lui aussi dans l'article sur le découpage de phase, mais il prend ici une forme plus élaborée qui mérite qu'on l'examine de près. Les composants R et C de la

figure 2 de l'article mentionné deviennent, sur la figure 1 de cette page, un ensemble de cinq composants : R1, R3, P1, P2 et C1.

Ne pas amorcer le triac trop tôt

La résistance R1 montée en série avec la piste de P1 est ce que l'on appelle une résistance-talon. Elle empêche que le condensateur C1 se charge trop rapidement, même quand le curseur de P1 est en fin de course du côté du diac. Ceci pour éviter que le triac ne soit amorcé trop tôt après le passage par zéro de l'onde alternative. Le diac lui-même est là pour retarder l'amorçage du triac.

Il faut en effet ménager une sorte de période de repos entre le blocage du triac lors du passage par zéro et son réamorçage. Cette résistance limite aussi le courant à travers P1 à une valeur raisonnable.

Le potentiomètre P1 monté en résistance variable détermine la vitesse à laquelle on permet au condensateur C1 de se charger. Plus la charge est lente, plus l'amorçage du triac est retardé. La tolérance des composants utilisés dans un tel circuit est grande par rapport à la précision du résultat à obtenir. On souhaite en effet que le triac soit amorcé jusqu'à la fin de la course de P1, et non que le dernier tiers de la piste soit une plage morte. Inversement, on veut que dès que le curseur quitte l'autre butée, le gradateur commence à agir. C'est pour cela que l'élément

R du réseau RC a été dédoublé : R3 et P2 sont montés en parallèle sur R1 et P1. Nous verrons à la fin de cet article comment régler P2.

A quoi servent R2 et C2 ?

La première fonction de ce réseau monté en parallèle sur le triac est de le protéger. Les thyristors et les triacs sont des composants qui n'aiment pas être malmenés par des tensions trop fortes et des variations de tension trop brutales. Or de tels parasites peuvent venir du réseau électrique, mais ils peuvent aussi être produits par le circuit de gradation lui-même. Les risques sont grands notamment avec des charges inductives comme par exemple un moteur. Le réseau RC protège

efficacement le triac (ou le cas échéant le thyristor) contre les perturbations de ce genre. La seconde fonction de notre réseau R2-C2 monté en série avec L1 est de supprimer une grande partie des parasites produits par les fronts raides du découpage de phase (voir les oscillogrammes de l'article sur le découpage de phase). Le calcul de la valeur de R2 et de C2 doit être effectué correctement si l'on veut obtenir un anti-parasitage efficace.

La réalisation

Il existe des barrettes à résistances sur lesquelles on trouve une double rangée de

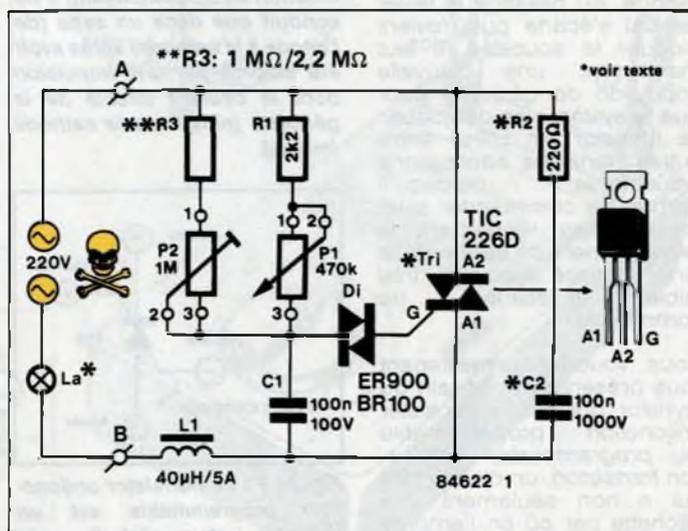


Figure 1 - Schéma d'un gradateur simple, mais doté néanmoins d'un dispositif de suppression des plages mortes. Ce circuit ne doit être abordé en pratique qu'avec la plus grande prudence et une parfaite connaissance des risques encourus. DANGER DE MORT !

picots qui conviennent parfaitement pour ce genre de montage. N'utilisez surtout pas de circuits d'expérimentation ordinaires dont les pistes sont trop proches les unes des autres. La figure 2 donne un schéma d'implantation des composants de notre gradateur sur une telle barrette.

Ce sont aussi des raisons de sécurité incontournables qui nous obligent à adopter pour P1 un modèle de potentiomètre à axe en plastique à l'exclusion de tout modèle à axe métallique.

Si vous décidez de n'utiliser le gradateur qu'avec une lampe précise, vous pouvez le monter dans un coffret en plastique de forme et de couleur assorties. Dans l'ensemble nous recommandons de suivre les indications de la figure 3, après avoir lu et relu les articles «du bon usage des prises secteurs» (ELEX n°1) et «l'électronique et votre sécurité» (ELEX n°9).

Si le circuit est appelé à être utilisé pour commander des puissances plus fortes que celle d'une lampe, il faut que le coffret dans lequel on monte le gradateur soit plus grand et bien aéré. Quand le refroidissement du triac devient nécessaire on s'y prend comme avec un transistor de puissance, ce qui a été expliqué également dans un article récent d'ELEX (n°9 page 18).

La face métallique du triac est reliée à l'anode 2, c'est-à-dire qu'il y règne une tension de 220 V; il faut par conséquent intercaler une plaquette de mica pour isoler le triac du radiateur. Pour que la vis métallique n'établisse pas de contact, il faut l'enfiler sur un canon isolant et utiliser une rondelle isolante sous l'écrou.

Réglage

Notre gradateur est simple, mais doté néanmoins d'un organe de réglage fin, P2, pour lequel il convient de rechercher la meilleure position possible en fonction de la charge. On commence par essayer le gradateur avec une lampe ordinaire. Mettre le curseur de P1 en butée du côté de la connexion «3», et celui de P2 du côté de la connexion «1». Leur résistance est donc nulle et la luminosité de la lampe devrait être maximale.

Ramenez le curseur de P1 à mi-course: la lumière est sensiblement atténuée maintenant. Placez le curseur de P1 en butée du côté de la connexion «1». Si la lampe est encore allumée, ramener progressivement le curseur de P2 vers la connexion «1» jusqu'à ce que la lampe soit à la limite de s'éteindre. Si la valeur de 1 MΩ pour R3 ne permet pas d'obtenir ce

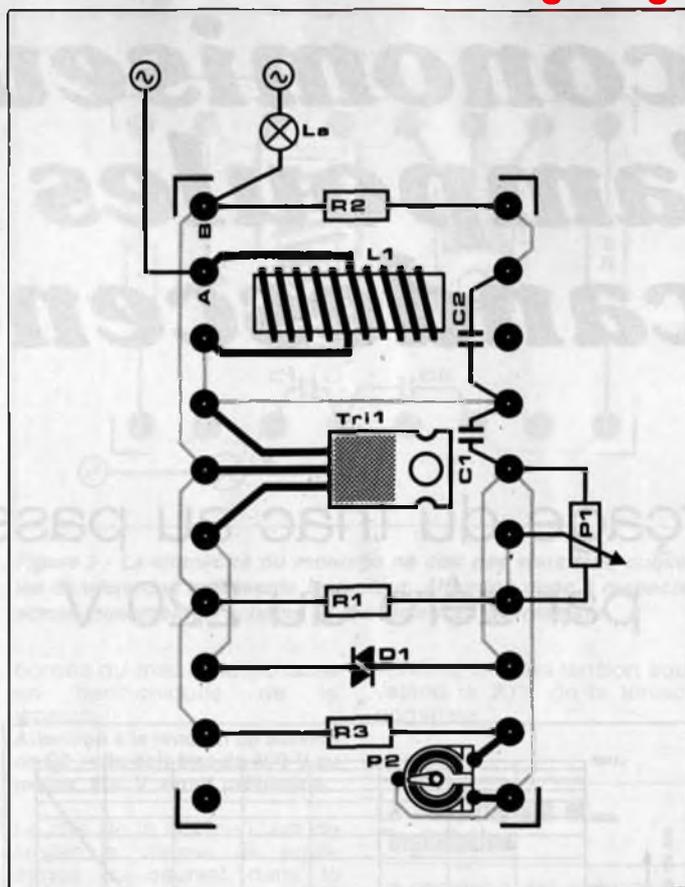


Figure 2 - Il est interdit d'utiliser une circuit d'expérimentation ordinaire pour cette réalisation. C'est une barrette à résistances avec double rangée de cosses à souder qui nous a servi pour réaliser le prototype du gradateur.

résultat, refaites le réglage avec cette fois une résistance de 2,2 MΩ pour R3. Une fois que le gradateur a été testé et réglé pour une lampe, on peut refaire l'expérience avec une perceuse. Celle-ci doit s'arrêter quand P1 est en butée du côté de la connexion «1».

Pour un antiparasitage efficace

Nous avons essayé le prototype avec les valeurs de composants indiquées sur le schéma. Pour commander une perceuse, il faut réduire la valeur de R2 et augmenter celle de C2; la valeur exacte est à déterminer expérimentalement en fonction du moteur.

Il suffit d'allumer dans la même pièce une radio accordée sur un émetteur pas trop puissant en ondes moyennes. Branchez ensuite le gradateur sur la perceuse et mettez le en service. Balayez toute la plage de réglage. Si des parasites se font entendre, essayez une valeur de 100 Ω pour R2 et 220 nF pour C2. D'autres combinaisons pourront être essayées pour améliorer le résultat: 68 Ω, 150 Ω, 150 nF, 330 nF. Il faut absolument débrancher le gradateur avant de procéder à quelque modification que ce soit. Pour trouver le meilleur compromis possible, sachez que plus la puissance de la perceuse est forte, plus la capacité de C2 doit être grande.

Le tableau comporte des indications de types de triac de

Liste des composants

R1 = 2,2 kΩ
R2 = 220 Ω
R3 = 1 MΩ (ou 2,2 MΩ)
P1 = 470 kΩ lin. avec axe impérativement en plastique
P2 = 1 MΩ var. en capsule plastique

C1 = 100 nF/100 V
C2 = 100 nF/1000 V
D1 = diac ER900 ou BR100
Tri1 = TIC226 (voir tableau)

L1 = self de choc 40 μH/5 A

Divers :
barrette à cosses, 2 x 10 cosses 50 x 100 mm
boîtier en plastique
fiche secteur mâle avec terre
prise secteur femelle avec terre
fil de câblage secteur (VGV)

* cf texte

TABLEAU

TIC206D	5 A/400 V	700 W
TIC206M	5 A/600 V	700 W
TIC206N	6 A/800 V	800 W
TIC226D	8 A/400 V	1100 W
TIC226M	8 A/600 V	1100 W
TIC226N	8 A/800 V	1100 W
TIC236D	12 A/400 V	1700 W
TIC236M	12 A/600 V	1700 W
TIC236N	12 A/800 V	1700 W
TIC246M	16 A/600 V	2400 W

différentes puissances utilisables sur le circuit de la figure 1. Il est tenu compte d'un facteur de sécurité suffisant. Nous avons vu que Tri1 devait néanmoins être refroidi pour des puissances supérieures à 200 W.

84622

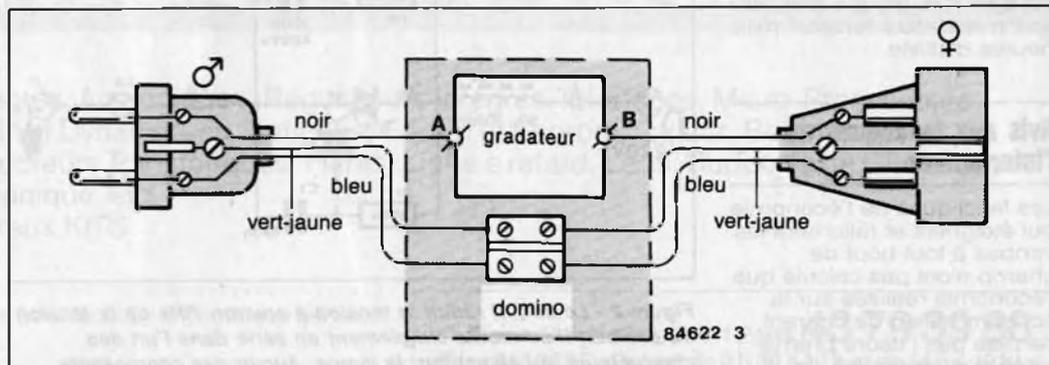


Figure 3 - Plan de câblage général d'un gradateur sans application particulière.

Économiseur d'ampoules à incandescence

amorçage du triac au passage par zéro du 220 V

Mille heures, voilà ce que dure normalement une ampoule à incandescence ! C'est peu si on compte en jours.

Voici justement un moyen de prolonger la durée de vie de vos ampoules à incandescence. Le circuit que nous vous proposons exploite le fait qu'une réduction minime de la tension appliquée à la lampe permet d'obtenir une augmentation considérable de la durée de vie. Cette réduction de tension a aussi un inconvénient qu'il serait malhonnête de taire : la lumière est moins vive et plus jaune. Le circuit ne convient donc que si dans l'application envisagée on n'est gêné ni par l'accentuation de la coloration jaune ni par la diminution d'intensité de l'éclairage.

Le graphique de la figure 1 montre la relation entre la tension appliquée à l'ampoule et sa durée de vie probable (probable seulement car le nombre et la fréquence des allumages et des extinctions ont aussi leur influence). La tension de service est exprimée en pourcentage de la tension nominale. La durée de base de 1000 heures est une durée théorique qui suppose mille heures de service continu. En pratique, il est bien rare qu'une ampoule soit mise sous tension mille heures d'affilée.

Avis aux fanatiques de l'Interrupteur

Les fanatiques de l'économie qui éteignent et rallument les lampes à tout bout de champ n'ont pas calculé que l'économie réalisée sur la consommation de courant ne paie pas l'usure prématurée des ampoules. Ils oublient en effet de prendre en compte l'accélération de

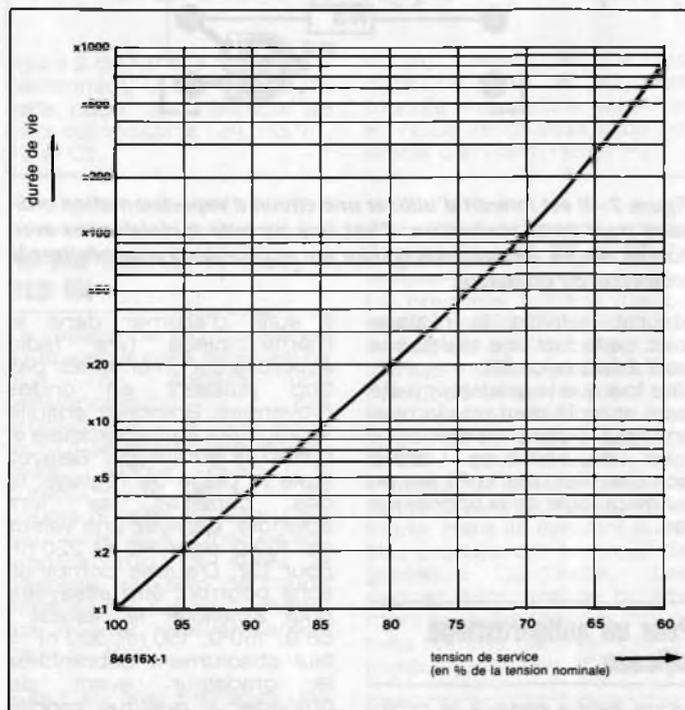


Figure 1 - La courbe qui représente la durée de vie en fonction de la tension ne paraît droite que parce que les graduations du papier sont logarithmiques. C'est dire si la progression de la durée est plus que proportionnelle à la réduction de la tension.

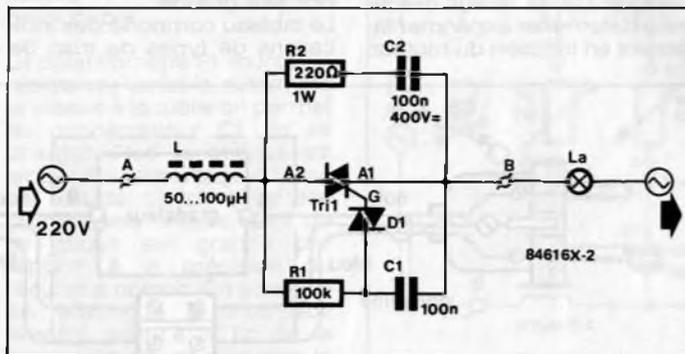


Figure 2 - Le circuit réduit la tension à environ 70% de la tension du secteur. Il se monte simplement en série dans l'un des conducteurs qui alimentent la lampe. Aucun des composants n'est superflu, et surtout pas les éléments de sécurité et d'anti-parasitage.

l'usure provoquée par les chocs thermiques des allumages répétés.

Cette cause-là de l'usure accélérée des ampoules ne sera d'ailleurs pas supprimée par notre petit circuit puisqu'il est conçu seulement pour ramener la tension de service des ampoules à 70% de sa valeur nominale. En théorie cette réduction de 30% procure une multiplication de la durée de vie de l'ampoule par un facteur 100. C'est donc cent mille heures de service continu au lieu de mille que vous pouvez espérer de l'ampoule alimentée avec l'économiseur d'ampoules d'ELEX. Vous en obtiendrez beaucoup moins en pratique, mais le facteur d'amélioration reste appréciable. Si vous êtes un(e) fanatique de l'interrupteur, commencez par vous défaire de cette habitude souvent injustifiée.

Réduire l'évaporation du tungstène

Il reste à répondre à la question : comment cela est-il possible ? Eh bien, lorsque le filament de tungstène est chaud, un peu de ce métal se transforme en vapeur, qui vient se déposer sur les parois de l'ampoule où il ne sert plus à rien. L'échauffement instantané du filament, énorme lors de la mise sous tension, provoque une évaporation plus importante du métal, et donc une consommation du filament plus rapide. On a constaté que lorsque la tension est multipliée par 0,7, l'évaporation est multipliée par 0,01, c'est-à-dire qu'en ramenant la tension aux trois-quarts environ de ce qu'elle était, on ramène au centième

la quantité de tungstène perdue par évaporation. Voilà un élément important !

Il se trouve que la valeur de 70% nous permet de concevoir un circuit électronique simple, et par conséquent économique lui aussi, nous nous en tiendrons donc à cette valeur. Un circuit réglable dans une certaine plage de valeurs serait forcément plus compliqué et il s'agirait alors d'un gradateur, comme celui qui est décrit ailleurs dans ce numéro.

Le circuit

Les composants principaux (le triac et le diac) et leur mode de fonctionnement sont étudiés dans un autre article de ce numéro. Nous ne nous y attarderons pas. Le schéma est celui de la **figure 2**. Faisons rapidement un sort au circuit R2/C2, dont le rôle est double : en interdisant les variations de tension trop rapides aux bornes du triac, il permet de minimiser, sinon de supprimer les parasites engendrés par la commutation du triac, et de protéger le triac lui-même. Le triac risque en effet d'être détruit par une montée brutale de la tension à ses bornes.

Antiparasitage

Il faut savoir par ailleurs que les fronts raides de tension sont constitués en fait d'une infinité de tensions superposées dont la fréquence est un multiple de la fréquence du secteur; on les appelle des harmoniques. Ces hautes fréquences sont dans le domaine des ondes radio et constituent des parasites pour la réception de la radio ou de la télévision. L'adoucissement des fronts par le réseau R2/C2 limite à la fois la pente de montée de la tension aux

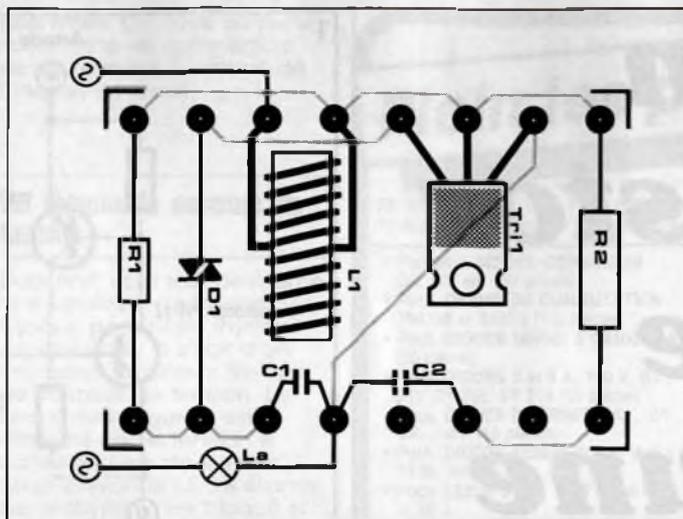


Figure 3 - La simplicité du montage ne doit pas vous faire oublier les dangers que représente le secteur. Attention donc à respecter scrupuleusement le schéma et les distances d'isolement.

bornes du triac et la richesse en harmoniques de la tension.

Attention à la tension de service de C2 : elle doit être de 400 V au moins, 600 V serait préférable.

Le rôle de la bobine L est de limiter la vitesse de croissance du courant dans le circuit et de s'opposer à l'injection des tensions à haute fréquence (parasites radio-électriques) sur le secteur.

Le déclenchement du triac est retardé par rapport au passage à zéro de la tension du fait de la présence du diac et du réseau R1/C1. Ce retard, comme Rési l'explique si patiemment à Transi dans la BD de ce mois-ci, fait que la puissance appliquée à la lampe est diminuée. La tension de crête reste la même, mais la température du filament n'atteint pas la même valeur qu'avec une onde entière en raison d'une substantielle baisse de la valeur de la tension moyenne. C'était le but recherché. Les valeurs données sur le

schéma fixent la tension équivalente à 70% de la tension nominale.

La construction et l'installation

Le montage est exécuté sur une plaquette de bakélite munie de deux rangées de cosses à souder. La platine d'expérimentation ne convient pas ici (une fois n'est pas coutume) parce que la proximité des pistes compromet la sécurité d'utilisation sous une tension de 220 V. La **figure 3** montre la disposition adoptée pour notre prototype. Le brochage du triac est repris en **figure 4**.

L'installation se fera dans la lampe elle-même, au prix peut-être du remplacement du verre par un plus grand. Dans tous les cas, le travail ne peut être entrepris qu'une fois les fusibles retirés ou le disjoncteur déclenché. Le montage peut être intercalé dans le conducteur de phase (noir) ou de neutre (bleu) sans

Liste des composants

- R1 = 100 kΩ
- R2 = 220 Ω/1 W
- C1 = 100 nF (plastique métallisé)
- C2 = 100 nF/400 V au moins
- L1 = 50 à 100 μH
- D1 = diac ER 900 ou Br 100
- Tri1 = TIC 226D ou TIC 206D

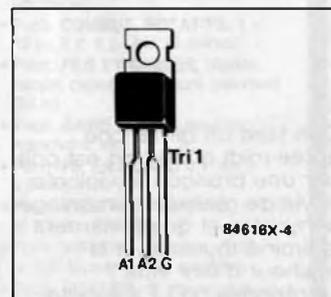


Figure 4 - Le brochage du triac. Une inversion des broches lui fait risquer sa vie.

que cela influe sur le fonctionnement. L'habitude est cependant de couper la phase plutôt que le neutre quand on ne coupe pas les deux.

Attention

Le circuit est prévu pour des ampoules normales de 100 W. Dans le cas de lampes à gaz (xénon, halogènes) il se peut que la température nécessaire ne soit plus atteinte, du fait de la diminution de la puissance. Ne cherchez pas non plus à remplacer R1 par un potentiomètre !

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.

Un thyristor de fortune

Que faire un dimanche après-midi quand on est pris par une brusque et violente envie de réaliser tel montage à thyristor, et que justement le tiroir à thyristors a le malheur d'être vide ? La réponse d'ELEX à cette question rarement dramatique mais parfois cuisante, cette réponse est simple : construisez votre thyristor vous-même. Le thyristor de fortune, voilà une excellente occasion de se livrer à quelques bidouilles sans risques...

D'abord, il ne faut pas confondre thyristor et triac. Le thyristor est un composant que l'on pourrait comparer à un bouton poussoir électronique, qui non seulement ne conduirait que dans un seul sens (c'est pourquoi il est représenté par une diode) mais qui, une fois amorcé, resterait conducteur tant qu'il circule un courant d'intensité suffisante entre son anode et sa cathode. La cathode, c'est la barre transversale du symbole, du côté négatif, l'anode c'est la base du triangle, du côté positif. Pour distinguer la cathode du collecteur désigné par la lettre C, on utilise la lettre K. D'ailleurs c'est mnémotechnique, K pour cathode. La troisième connexion est celle qui permet de commander le thyristor, le bouton si l'on veut, qui porte le nom de gâchette. Anode, cathode et gâchette, voici notre thyristor qui ne conduit que dans un sens et reste conducteur tant qu'il y circule un minimum de courant. Le triac, avec lequel il ne faut pas le confondre, est représenté par deux diodes tête-bêche parce qu'il conduit dans les deux sens.

Un transistor PNP et un transistor NPN, éventuellement deux résistances, et voici

notre thyristor de fortune. Cela vous rappelle-t-il quelque chose ? Mais oui, c'est bien sûr dans le numéro du mois dernier, page 35, dans le circuit du gong à 3 notes que l'on trouve un énergumène comme celui de la figure 1. Les deux transistors se fournissent mutuellement du courant. Au départ, ils sont bloqués l'un et l'autre; il faut que le transistor NPN reçoive une impulsion de courant de base pour qu'il se mette à conduire et fournisse son courant de base au transistor PNP. C'est le courant de collecteur du transistor PNP, devenu conducteur à présent, qui maintient le transistor NPN en état de conduire, même après la fin de l'impulsion d'amorçage initiale.

Les deux résistances en pointillé réduisent la très grande sensibilité du circuit et empêchent ainsi le thyristor de fortune de s'auto-amorcer.

Vous pouvez vous douter du fait que nos deux transistors forment un thyristor aux caractéristiques de puissance limitées. La tension maximale supportée par nos BC547 et BC557 n'excède pas 45 V et l'intensité du courant ne saurait dépasser les 100 mA. Pas question d'utiliser le thyristor de fortune avec des tensions comme les 220 V du réseau électrique domestique. Mais pour faire des expériences sur table, c'est bien assez. Une pile de 4,5 V comme source de tension, une LED et une résistance de limitation de courant, et voilà notre circuit à thyristor expérimental. Pour amorcer le thyristor, il faut une impulsion de gâchette. On l'obtient en établissant un bref contact avec un doigt humide entre l'anode et la gâchette.

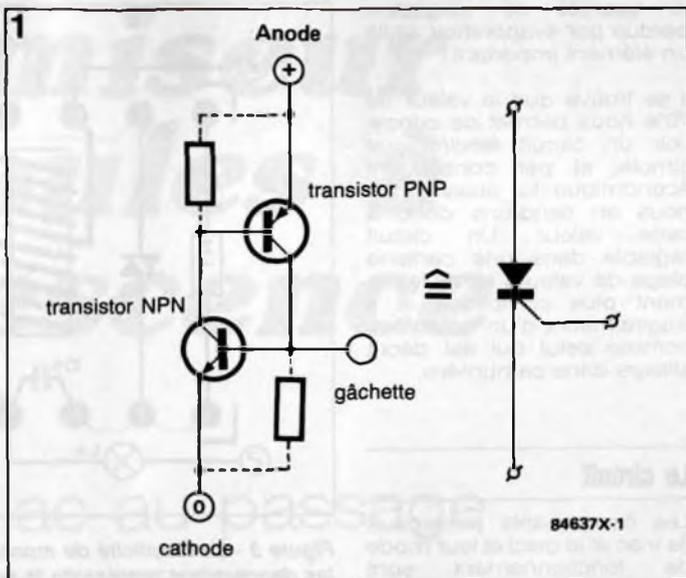


Figure 1 - Combinés ainsi, les deux transistors complémentaires forment l'équivalent d'un thyristor.

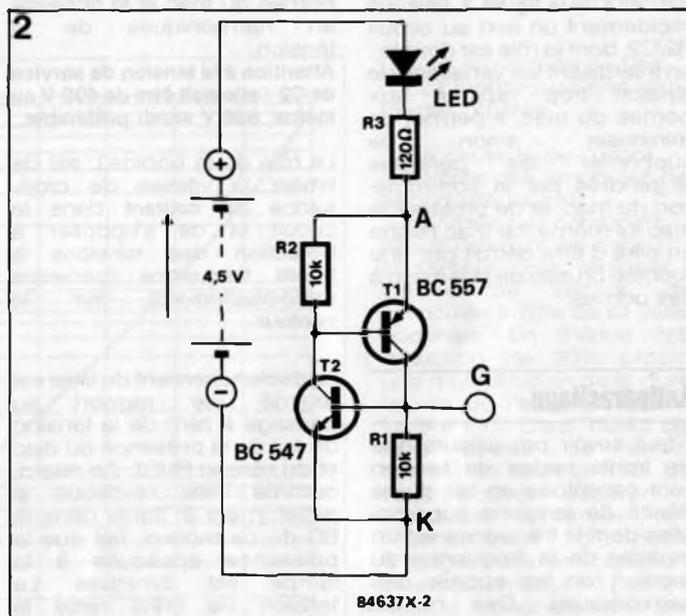


Figure 2 - Dans ce circuit expérimental, une LED est mise en service par une courte impulsion positive sur la gâchette du thyristor.

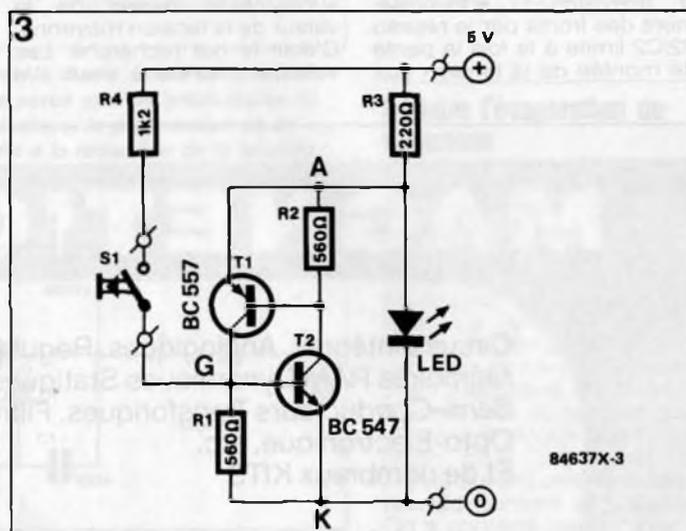


Figure 3 - Témoin de coupure de tension réalisé avec le thyristor de fortune. Cette fois la LED est montée en parallèle sur le thyristor. Une fois le thyristor amorcé (brève fermeture de S1), la LED s'éteint et ne se rallume qu'après une interruption de la tension d'alimentation.

L'humidité du doigt permet à un courranticule de circuler dans la gâchette, et par conséquent le thyristor s'amorce. Désormais un courant circule à travers la LED. La résistance R3 fait chuter la tension de 2 V environ pour que la LED ne soit pas soumise à une tension de plus de 1,6 V (à laquelle elle ne résisterait pas longtemps). La tension aux bornes du thyristor amorcé est de l'ordre de 0,8 V.

Le thyristor de fortune une fois amorcé s'entretient dans cet état. Pour le désamorcer, il suffit d'établir un contact bref entre la gâchette et la cathode. En théorie, cette façon de bloquer un thyristor est utilisable aussi sur les thyristors ordinaires, mais on n'y a pas recours en pratique parce que le court-circuit gâchette-cathode voit circuler la totalité du courant qui circule normalement à travers le thyristor.

Nous ne sommes pas encore au bout des ressources expérimentales de notre thyristor de fortune. Il est possible aussi de le commander par la base de son transistor PNP avec une tension de gâchette négative par rapport à la tension d'alimentation. Dans ce cas c'est le transistor PNP qui devient conducteur le premier. Il existe même des thyristors-tétraodes sur lesquels il y a deux

gâchettes. On vous en parle aussi dans un autre article de ce numéro, à propos de triacs et de diacs...

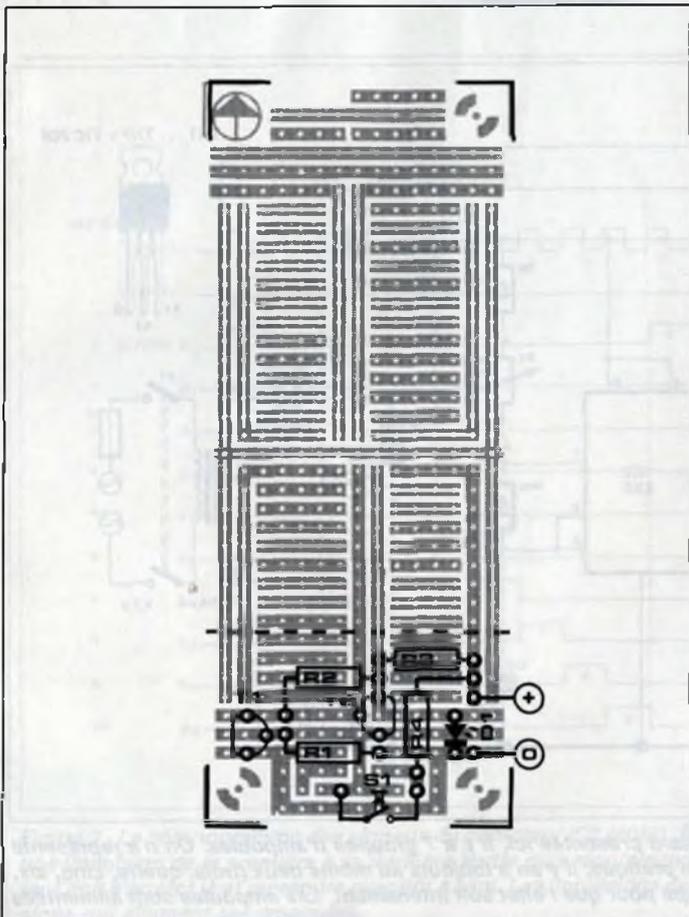
Un témoin de coupure de tension

Pour finir, voici tout de même une application pratique typique pour notre thyristor expérimental. Il s'agit d'un indicateur lumineux témoin de coupure de tension. Le circuit de la figure 3 est alimenté par la tension à surveiller. Lors de la mise sous tension la LED s'allume, car le thyristor est bloqué et ne détourne pas le courant.

Appuyons sur S1 pour amorcer le thyristor; la LED s'éteint maintenant car le courant qui circule à travers R3 est détourné par le thyristor. Désormais le témoin est en veille. Si la tension d'alimentation vient à disparaître, même brièvement, pour réapparaître ensuite, le thyristor se bloque, faute de courant d'entretien. La LED s'allume et reste allumée indiquant ainsi une interruption de la tension de service.

84637

Figure 4 - Schéma d'implantation des composants de la figure 3 sur un morceau de platine d'expérimentation.



Plein les pochettes !

La pochette : 30 F (+ 5 F de port) - Par 5 pochettes et plus : 30 F (franco) - Par 10 et plus : 25 F (franco) - Commande et chèque adressés au magasin de votre choix.

- Pochettes **DIODES GERMANIUM** OA, AA, etc. (50 pièces)
- Poch. **DIODES DE COMMUTATION** 1N4148 et BAX13 (100 pièces)
- Poch. **DIODES 1N4001 à 1N4007** 1 A (50 pièces)
- Poch. **DIODES 3 et 6 A**, 100 V, BY 251, BY 255, BY 214 (15 pièces)
- Poch. **DIODES DIVERSES**, 1N..., BY..., OA..., etc. (50 pièces)
- Poch. **DIODES ZENER**, 3 à 50 V, 0,5 à 10 W, (40 pièces)
- Poch. **LED Ø 5 mm**, 10 R + 10 V + 10 J
- Poch. **LED Ø 3 mm**, 10 R + 10 V + 10 J
- Poch. **INFRA-ROUGE**, 3 émetteurs + 3 récepteurs
- Poch. **PONTS DE DIODES**, 1 à 10 A, (5 pièces)
- Poch. **TRANSISTORS, BC...**, 237... 327... 550... (50 pièces)
- Poch. **TRANSISTORS DE PUISSANCE**, 2 N..., TIP..., BD... (15 pièces)
- Poch. **TRIACS**, 4 à 25 A, (10 pièces)
- Poch. **THYRISTORS**, 0,8 à 25 A, (10 pièces)
- Poch. **OTOCOUPLEURS**, TIL 111 et équiv. (5 pièces)
- Poch. **REGULATEURS**, 78... et 79... (10 pièces)
- Poch. **LM 741**, (8 p), 10 pièces
- Poch. **LM 555**, (8 p), 10 pièces
- Poch. **LM 709**, (14 p), 10 pièces
- Poch. **LM 747**, (14 p), 5 pièces
- Poch. **LM 324**, (14 p), 5 pièces
- Poch. **RESISTANCES 1/4 et 1/2 W**, 10 Ω à 1 M Ω (300 pièces)
- Poch. **RESISTANCES 1 à 3 W**, 1 Ω à 1 M Ω, (100 pièces)
- Poch. **RESISTANCES 3 à 10 W**, 1 Ω à 1 M Ω, (50 pièces)
- Poch. **AJUSTABLES MINIATURES CERMET** (30 pièces)
- Poch. **POTENTIOMETRES et AJUSTABLES DIVERS** (25 pièces)
- Poch. **CONDENSATEURS CERAMIQUES**, 1 pF à 0,1 μF, (100 pièces)
- Poch. **CONDENSATEURS MINIATURES, MKH, MKT, L.C.C.**, (pas de 5,08), (50 pièces)
- Poch. **CONDENSATEURS PLAQUETTES**, 100 pF à 2,2 μF, (50 pièces)
- Poch. **CONDENSATEURS AXIAUX**, 100 pF à 1 μF, 63 à 400 V, (100 pièces)
- Poch. **CONDENSATEURS HAUTE TENSION**, 1 pF à 1 μF, 400 à 5 000 V, (25 pièces)
- Poch. **CONDENSATEURS au TANTALE**, 0,1 μF à 100 μF, (50 pièces)
- Poch. **CONDENSATEURS CHIMIQUES**, 1 μF à 4 700 μF (50 pièces)
- Poch. **COND pour FILTRE H.P.**, 1 μF à 68 μF, N.P., (10 pièces)
- Poch. **COND. AJUSTABLES et VARIABLES**, (10 pièces)
- Poch. **C.T.N., V.D.R.**, paraloudre, antiparasites, etc... (20 pièces)
- Poch. **FUSIBLES**, (20 pièces) et portefusibles, (10 pièces)
- Poch. **MICAS et CANONS**, pour transistors, TO220, TO3, TO66, etc... (100 pièces)
- Poch. **SUPPORTS de C. INT.**, 6 à 40 p, (20 pièces)
- Poch. **RADIATEURS**, TO5, TO220, TO3, profilés (10 pièces)
- Poch. **PRISES**, DIN, JACK, RCA, etc., (20 pièces)
- Poch. **BORNIERS et CONNECTEURS** (appariés), (10 pièces)
- Poch. **VOYANTS, LED, CLIPS, NEONS, LUCIOLES...**
- Poch. **INTER COMMUT**, clavier, etc. (25 pièces)
- Poch. **COMMUT. ROTATIFS**, 1 c 12 p., 2 c. 6 p., etc. (5 pièces)
- Poch. **FILS ET CABLES**, blindés, nappe, câblage, (couleurs assorties) (50 m)
- Poch. **GAINE**, thermo, souppliss, manchons, etc.
- Poch. **FIL EMAILLE Ø 0,1 mm** à 1,5 mm, (100 m)
- Poch. **VISSERIE MINIATURE**, Ø 1,5, 2 et 2,5 mm (300 pièces)
- Poch. **VISSERIE, Ø 3 mm**, (100 vis + 100 écrous + 100 rondelles)
- Poch. **VISSERIE, Ø 4 mm**, (100 vis + 100 écrous + 100 rondelles)
- Poch. **VISSERIE et cosses diverses**, (500 pièces)
- Poch. **MATERIEL ELECTRIQUE**, prises, inter, tripléte, etc.
- Poch. **RELAIS**, 12 V, REED, etc. (5 pièces)
- Poch. **BOBINAGES**, F.I., pots ferrite, mandrins, etc., (20 pièces)
- Poch. **BOUTONS POUR POTENTIOMETRES**, axe Ø 6, glissière, auto-radio, etc. (25 pièces)
- Poch. **CORDONS** hi-fi, d'alim., etc. (5 pièces)
- Poch. **TRANSFO D'IMPEDANCE**, 8 Ω / 2 x 8 Ω, 3 W surmoulé, (2 pièces)
- Poch. **2 H.P.**, 4 Ω, Ø 10 cm, 2 W
- Poch. **2 H.P.**, 4 Ω, Ø 17 cm, 5 W
- Poch. **2 H.P.**, 8 Ω, 8 cm x 20 cm, 5 W
- Poch. **MICRO ELECTRET**, dynamique, écouteur, etc. (5 pièces)
- Poch. **GRIP-FILS**, 14 cm, 1 rouge + 1 noir
- Poch. jeux de **CORDONS DE MESURE**, (R + N) + 2 mini grip-fils
- Poch. **COSSES A SERTIR** (assorties, 100 pièces)
- Poch. **3 COFFRETS**, plastique noir, 85 x 55 x 35 mm
- Poch. **2 COFFRETS**, plastique noir, 110 x 70 x 45 mm
- Poch. **1 COFFRET**, plastique noir, 155 x 90 x 50 mm
- Poch. **CIRCUIT IMPRIME**, epoxy et bakélite, (10 dm²)
- Poch. **PERCHLO** (pour 1 l) + **FEUTRE SPECIAL C.I.** + plaque C.I.
- Poch. **GRADATEUR EN KIT**, 220 V, 800 W, avec circuit imprimé
- Poch. **VOIE INVERSE POUR MODULATEUR**, 200 V, 800 W avec circuit imprimé

E.44 65 quai de la Fosse
44100 NANTES - 40.73.53.75

E.17 2 rue des Frères Prêcheurs
17000 LA ROCHELLE - 46.41.09.42

E.72 103 rue Nationale
72000 LE MANS - 43.24.31.58

E.79 59 rue d'Alsace Lorraine
79000 NIORT - 49.24.69.16

E.C.E.L.I. 17 rue du Petit Change
28000 CHARTRES - 37.21.45.97

E.85 8 bis, rue du 93^e R.I.
85000 LA ROCHE-SUR-YON - 51.62.64.82



Le train roule dans la nuit, superbe guirlande illuminée sous la caténaire, il parcourt un décor en carton-pâte figolé. En rase campagne, un signal force le machiniste à arrêter son convoi et là, patatrac, la magie se dissipe : une fois le convoi arrêté toutes les lumières s'éteignent. Cet événement rarissime sur le réseau de la SNCF est pourtant fréquent sur les plaques de contreplaqué plus ou moins richement équipées de nos fervents modélistes ferroviaires.

convoi circule, le bloc A s'occupe d'allumer la lampe, tandis que le bloc B en profite pour emmagasiner du courant. Dès que le train s'arrête parce qu'il ne règne plus de tension entre les rails, le bloc B fournit le courant grâce auquel la lampe ne s'éteindra pas, en attendant que le train reparte.

S'il ne repart pas, la lumière s'éteint au bout d'un moment. On pourra modifier le bloc B en fonction de ses goûts personnels sur la durée

d'éclairage du convoi à l'arrêt. Le choix est vaste, entre quelques secondes et plusieurs minutes. La fonction de la diode est d'empêcher la rétroaction du bloc B sur le bloc A. Pour que le circuit d'éclairage permanent convienne à tout le monde, nous l'avons doté d'un redresseur qui lui permet de fonctionner aussi bien avec les systèmes à tension de traction alternative qu'avec les systèmes à tension continue.

Vous n'aurez sans doute

aucune difficulté à retrouver dans le schéma complet de la figure 2 les deux blocs de la figure 1, entre le redresseur d'une part et la diode et la lampe d'autre part. Les composants du bloc A, ce sont C1, C3, D3 et IC1, tandis que les autres appartiennent tous au bloc B.

La polarité de la tension d'alimentation est toujours correcte grâce au redresseur que forment D5 à D8. Que le train avance ou recule sur des

Éclairage permanent pour modèle réduit ferroviaire

C'est scandaleux : même quand le train s'arrête en gare, la lumière s'éteint dans les voitures. C'est le train fantôme, quoi.

Le problème est pourtant assez simple à résoudre ; quand la tension de service disparaît à l'arrêt du convoi, il faut qu'un accumulateur prenne le relais, c'est tout. Avez-vous une quelconque idée de la manière dont on pourrait s'y prendre ?

Si vous croyez aux miracles, adressez une prière fervente à la madone des sleepings, elle intercèdera peut-être en votre faveur auprès de Saint-Pullman. Si vous avez l'esprit plutôt pragmatique, préparez votre fer à souder, il ne va pas tarder à servir.

L'accumulateur

Le principe du circuit d'éclairage permanent pour modèle réduit ferroviaire est donné par la figure 1. Tant que le

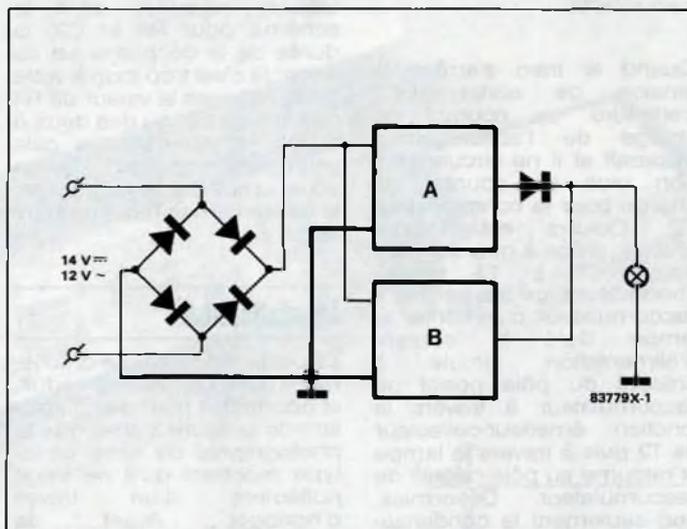


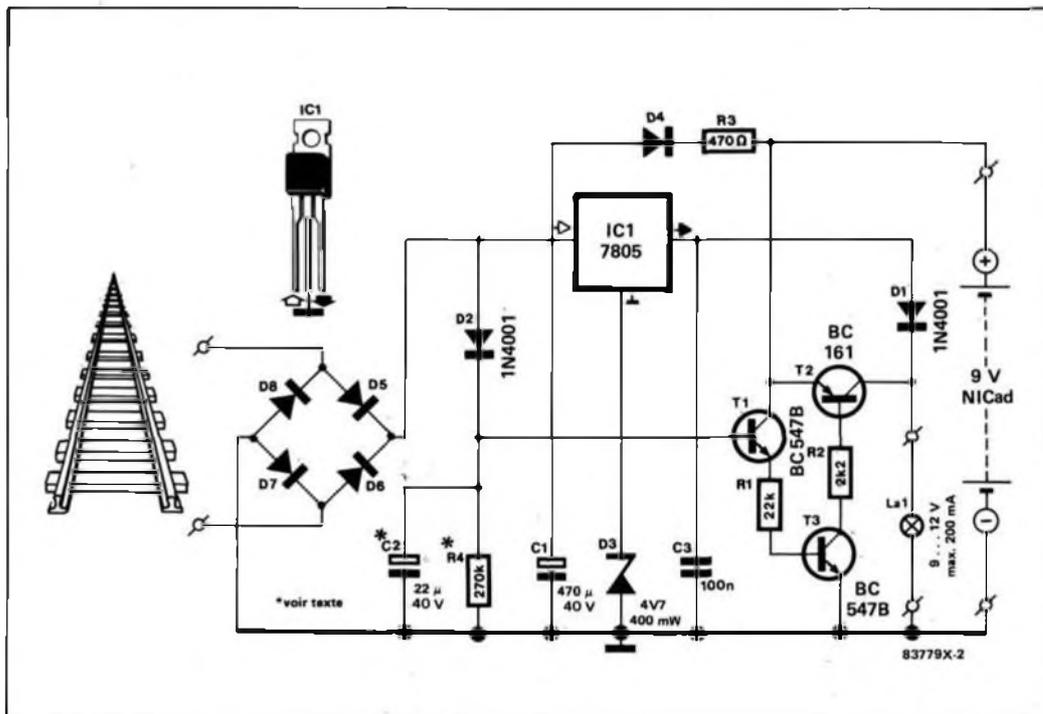
Figure 1 - Entre la tension de service du train et l'ampoule d'éclairage d'un wagon nous insérons un circuit de substitution qui se met en service automatiquement quand le train ralentit et s'arrête, de telle sorte que le train puisse rester éclairé.

Le bloc A alimente la lampe pendant que le train roule et recharge en même temps l'accumulateur du bloc B. Celui-ci est donc toujours prêt à fournir du courant à la lampe quand le bloc A n'est plus alimenté.

rails à tension continue ou qu'il circule sur un réseau alternatif, le point commun de D5 et D6 est toujours de polarité positive par rapport au point commun de D7 et D8.

Tant que le train roule, la tension de service est appliquée au régulateur IC1 dont la broche de référence est reliée à la masse, vous l'avez sans doute déjà remarqué, par l'intermédiaire d'une diode zener de 4,7 V (D3). La tension de sortie du régulateur n'est donc pas de 5 V, mais de 5 V + 4,7 V, soit 9,7 V. Si la tension d'entrée est inférieure à 10 V, la tension de sortie du régulateur sera plus faible aussi. En tous cas, le régulateur protège la lampe contre des valeurs de tension excessives.

Dans ces conditions il circule aussi un courant à travers D4 et R3 dans l'accumulateur Cad-Ni dont la charge est ainsi entretenue tant que le train circule. Sa valeur théorique est de 9 V, mais en pratique ce seront 7,5 ou 8,4 V selon le



Liste des composants

- R1 = 22 kΩ
- R2 = 2,2 kΩ
- R3 = 470 Ω
- R4 = 270 kΩ
- C1 = 470 µF/16 V
- C2 = 22 µF/16 V
- C3 = 100 nF
- D1, D2, D4 à D8 = 1N4001
- D3 = zener 4,7 V/ 400 mW

Divers :

- 1 platine d'expérimentation de format 1
- 1 accumulateur Cad-Ni 9 V
- 1 connecteur à pression pour pile de 9 V
- 1 ampoule (9 V/max 200 mA) avec éventuellement une douille 6 picots Ø 1,2 mm fil de câblage

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

Figure 2 - Le redresseur permet d'utiliser le circuit d'éclairage permanent avec les systèmes à tension continue, que le train soit en marche avant ou arrière, mais aussi avec les systèmes à tension alternative. L'accumulateur Cad-Ni rechargé pendant que le train roule prend le relais pour l'éclairage quand le train s'arrête. La décharge de C2 interrompt automatiquement l'éclairage à l'arrêt après un instant.

type d'accumulateur utilisé. Avec la valeur de 470 Ω indiquée pour R3, le courant de charge est d'une dizaine de milliampères. Il a été question de charge des accumulateurs Cad-Ni dans le numéro 2 d'ELEX de juin 1988, page 54, puis dans le numéro 5 de novembre 1988 page 32. Nous vous invitons à vous référer à ces articles.

Tant qu'il règne une tension sur les rails, la diode D2 permet à C2 de se charger jusqu'à une tension un peu inférieure à la tension de service redressée. Les transistors T1 à T3 conduisent par conséquent. Et tant que la tension de service est normalement présente, le potentiel de sortie du régulateur restera supérieur au potentiel de l'accumulateur. Ce dernier ne fournit donc pas de courant.

Un soir un train

Si la valeur de la tension de sortie du régulateur vient à passer sous celle de la tension de l'accumulateur, celui-ci commence à fournir une partie du courant d'alimentation de la lampe. Vous aurez compris que par

conséquent on ne remarquera pas de baisse d'intensité de l'éclairage même quand la tension de traction, avant de disparaître complètement, baisse au moment où le train ralentit.

Quand le train s'arrête, la tension de sortie d'IC1 s'effondre. Le courant de charge de l'accumulateur disparaît et il ne circule plus de courant de charge pour le condensateur C2. Celui-ci est encore chargé, grâce à quoi les transistors T1 à T3 restent conducteurs, ce qui permet à l'accumulateur d'alimenter la lampe dont le courant d'alimentation circule à présent du pôle positif de l'accumulateur à travers la jonction émetteur-collecteur de T2 puis à travers la lampe et retourne au pôle négatif de l'accumulateur. Désormais, non seulement le condensateur ne reçoit plus de courant de charge, mais en plus il se décharge à travers la résistance R4. Une fois que la tension sur C2 devient inférieure à 1,2 V (2 x 0,6 V) les transistors T1 et T3 se bloquent progressivement et par conséquent T2 en fait autant; l'intensité du courant à

travers les ampoules diminue à vue d'oeil. La luminosité de La1 en fait autant. Encore un instant et les transistors seront entièrement bloqués et les lumières éteintes. Avec les valeurs indiquées dans le schéma pour R4 et C2, la durée de la décharge est de 4 mn. Si c'est trop long à votre goût, réduisez la valeur de R4 ou celle de C2, ou des deux à la fois. Si au contraire cela vous paraît trop court, rien ne vous empêche d'augmenter la valeur de ces deux composants.

La réalisation

La place est mesurée chichement dans un modèle réduit, et pourtant le plan d'implantation de la figure 3 ainsi que la photographie de notre prototype montrent qu'il ne s'agit nullement d'un travail d'horloger. Avant de commencer à implanter les composants, il faut couper en deux dans le sens de la longueur une platine d'expérimentation de petit format et vérifier qu'elle tiendra dans le wagon. Donnez un coup de lime pour l'ébarber et arrondir les angles là où c'est nécessaire. Débarrassez-vous

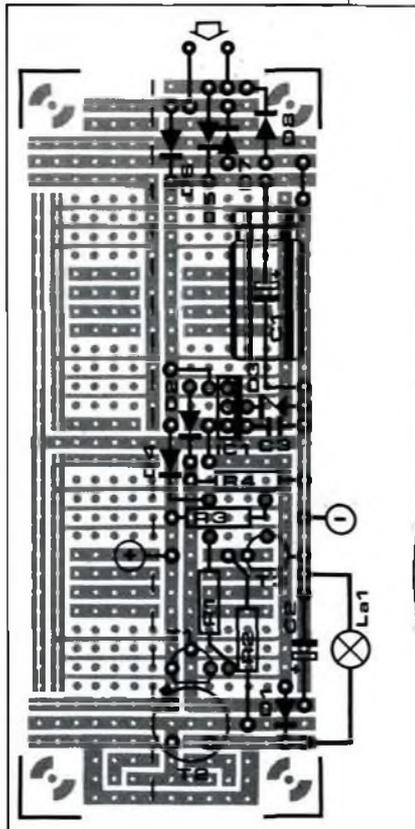
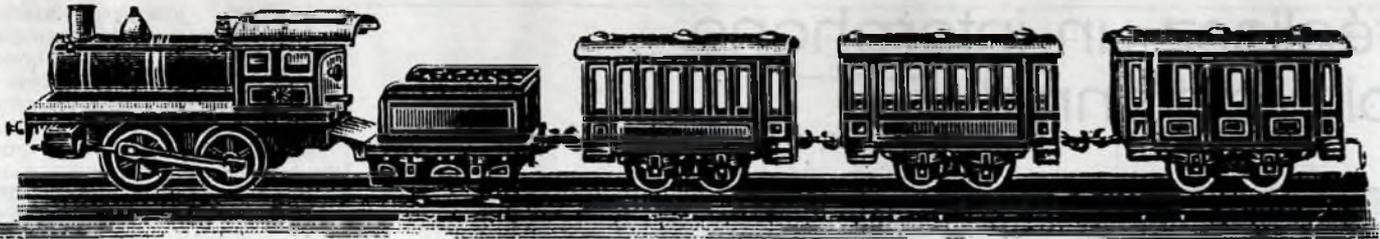


Figure 3 - L'implantation des composants sur une demi-platine d'expérimentation de petit format est assez drue. Procédez avec soin en vérifiant chaque étape de l'implantation.



soigneusement des copeaux, car certains d'entre eux sont métalliques et peuvent devenir des courts-circuits extrêmement difficiles à détecter.

Comme d'habitude on commence par les composants les moins encombrants, c'est-à-dire les ponts de câblage, suivis par les résistances, les diodes et les condensateurs. Ensuite c'est le tour des transistors et du régulateur.

Avez-vous vérifié la polarité des diodes D1 à D8 ? Et celle des condensateurs C1 et C2 ? Les transistors sont-ils orientés comme c'est indiqué sur la figure 3 ? Vous n'ignorez pas que la ligne épaisse du symbole d'IC1 représente la face métallique de ce composant. Est-elle du bon côté ? Et les picots pour le câblage, vous ne les oubliez pas. Il en faut deux pour la lampe et deux pour l'accumulateur.

Allez, on revérifie tout. Les ponts, les valeurs des composants, leur orientation, les soudures. Etes-vous certain

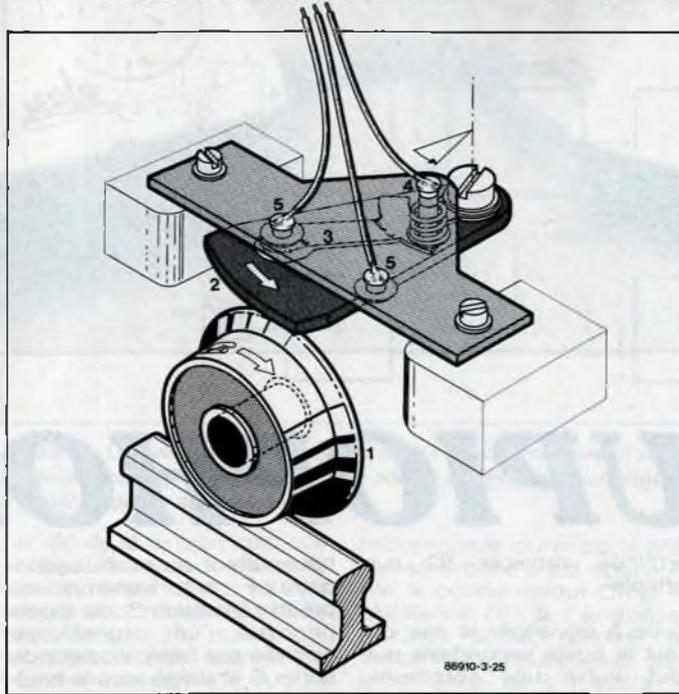


Figure 5 - Si l'on se donne la peine de confectionner soi-même un contact par friction, autant le faire bien tout de suite. Avec ce croquis nous vous indiquons comment vous y prendre pour réaliser un contact inverseur avec lequel il devient possible d'allumer des feux à l'avant ou à l'arrière d'un convoi selon le sens dans lequel il circule.

de ne pas avoir de court-circuit, notamment dans la partie centrale du circuit où l'implantation est serrée ?

Pour tester le fonctionnement, il suffit d'une pile de 9 V en bon état pour simuler une tension de traction à l'entrée du redresseur. Pour une fois qu'il est permis de brancher une pile n'importe comment, dégustez ce plaisir.

La mise en wagon

Deux problèmes se posent : trouver la place de caser le circuit et l'accumulateur; le cas échéant il faudra les répartir entre deux voitures comme le montre la figure 4; combiner le circuit avec un éclairage existant. Interrompre la liaison existant entre le contacteur et la lampe; relier les balais au redresseur et la lampe à la sortie du circuit.

Si les wagons à équiper n'ont pas d'éclairage, il faut d'abord s'occuper de faire passer la tension des rails (par les roues ou par des balais) dans la voiture.

Si vous désirez brancher plusieurs ampoules en série, ne dépassez pas une intensité totale de 200 mA. Rien ne vous interdit de monter deux ampoules de 4,5 V en série, ou 3 de 3 V, vous multipliez ainsi le nombre d'ampoules, mais le courant qui circule est le même que celui qui circulerait dans une seule ampoule de 9 V.

83779

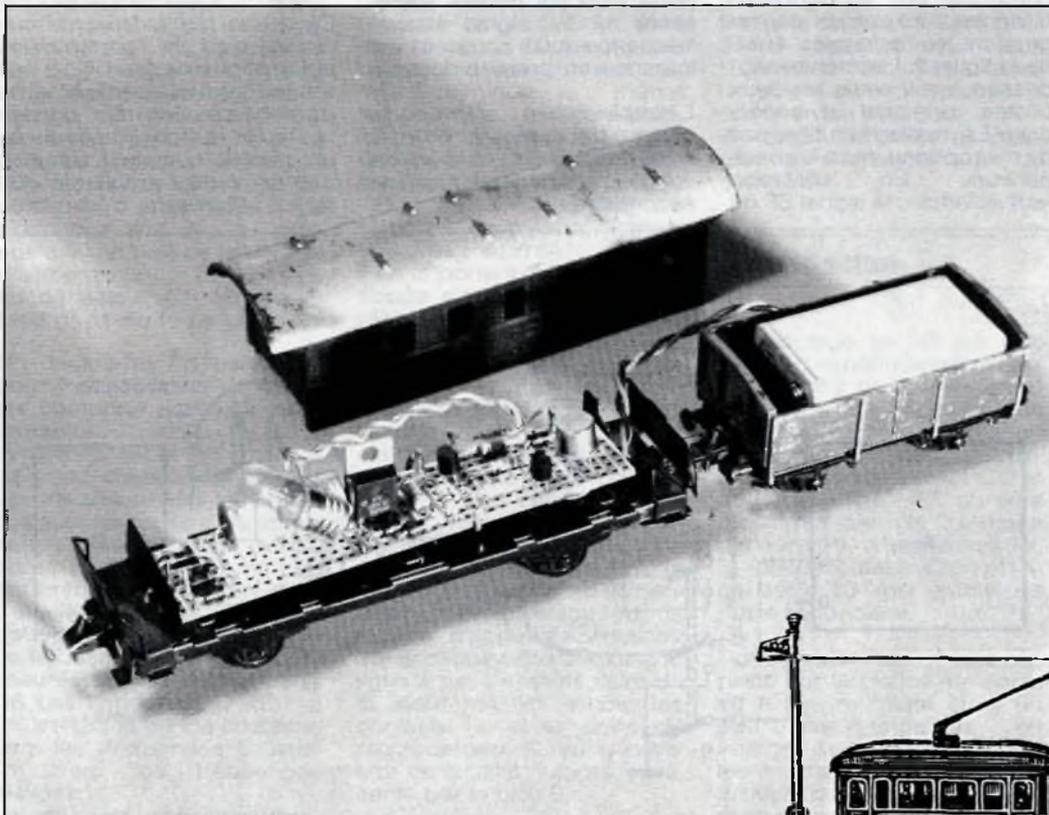
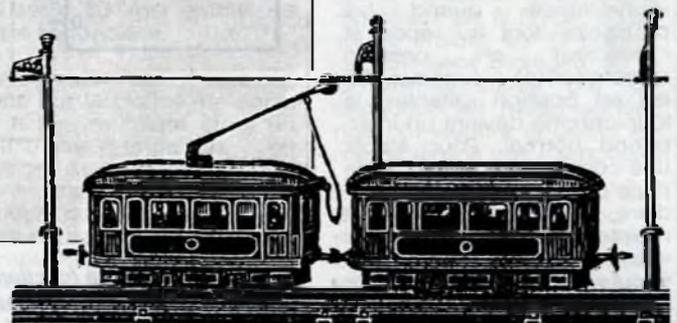


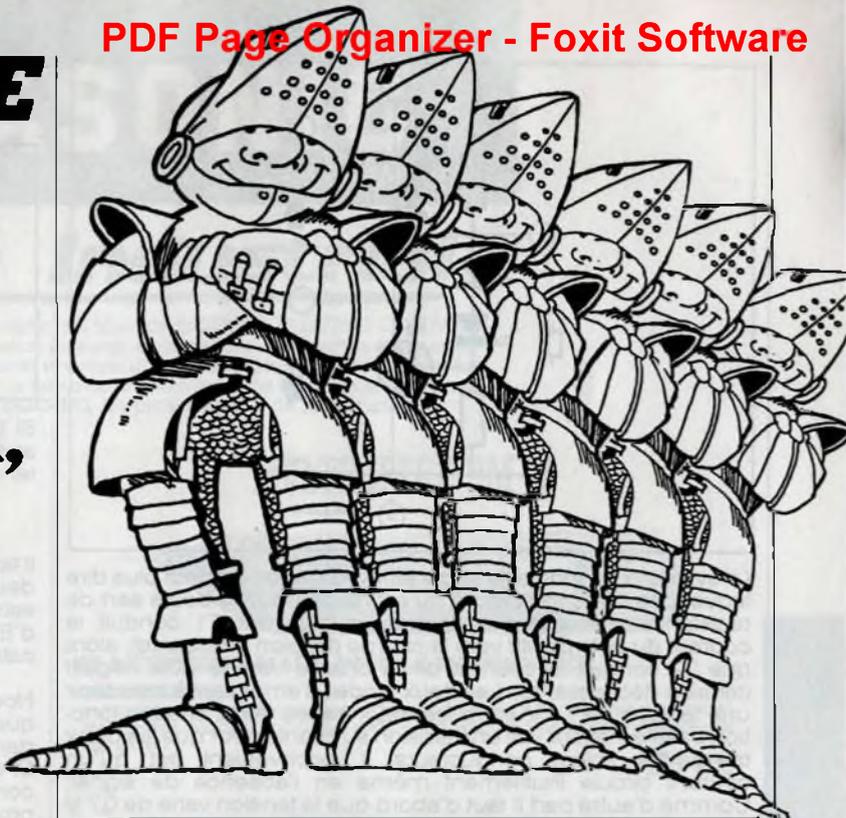
Figure 4 - La photographie de notre prototype montre que finalement la mise en place dans un wagon n'est pas si difficile que ça. Il n'est pas nécessaire de refroidir IC1.



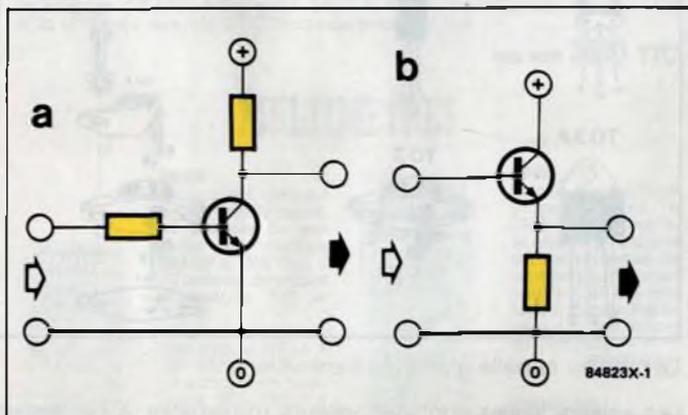
ANALOGIQUE ANTI-CHOC

6^{ème} épisode

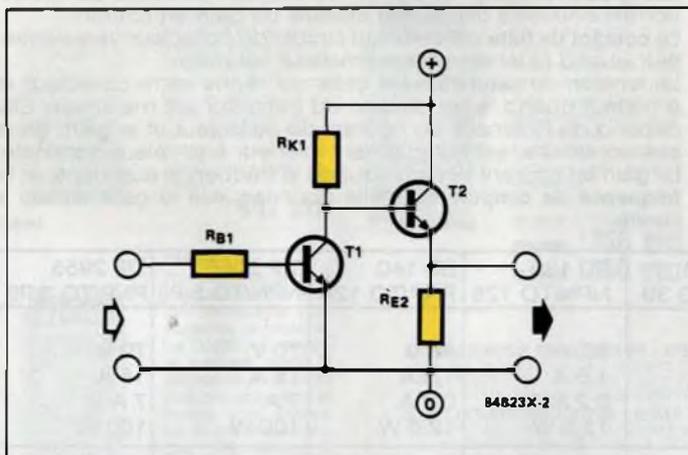
Ampère, Volta, Ohm, Graetz, Zener et les autres



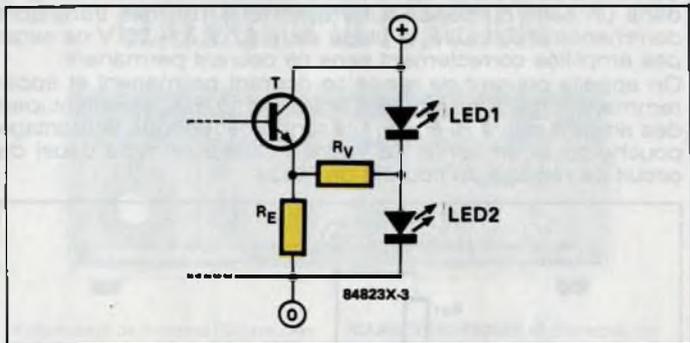
Après le petite pause du dernier numéro, nous voici armés pour attaquer la suite. Les épisodes précédents nous ont permis de faire connaissance avec le montage du transistor en émetteur commun et en collecteur commun. Cet épisode va nous permettre de voir quelle est l'utilité pratique de ces montages.



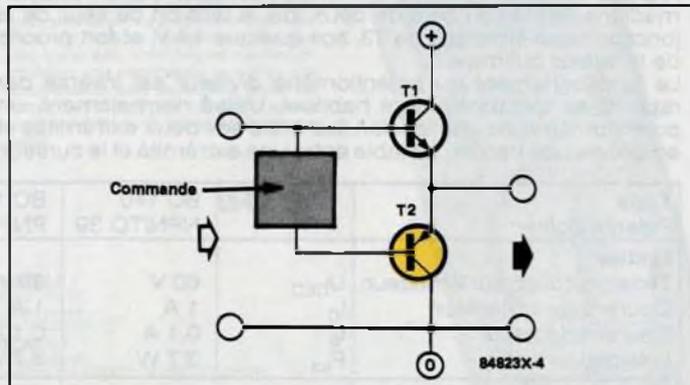
L'association des deux montages ci-dessus, l'amplificateur de tension (a) et l'amplificateur de courant (b), permet de constituer un étage de sortie.



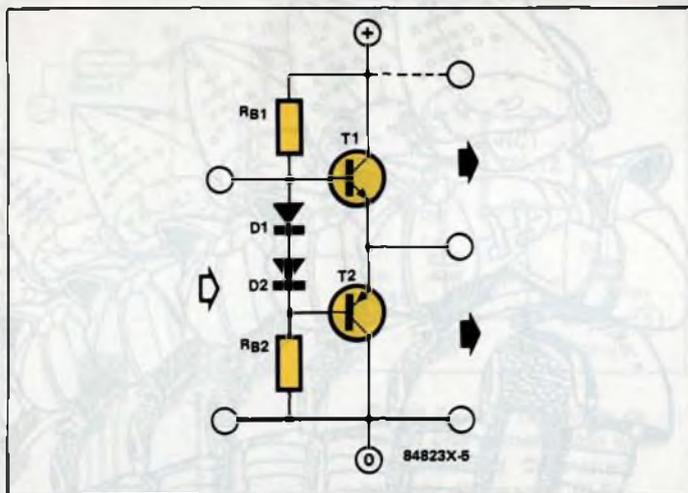
Ce montage s'acquiesse de deux tâches : il amplifie la tension d'entrée (par T1) et délivre un courant de sortie important (par T2). Malheureusement le transistor T2 doit fournir du courant à la charge et à la résistance R_{E2} . Il s'en trouve chargé inutilement. Augmenter simplement la valeur de R_{E2} pour minimiser le courant inutile ne convient pas dans la majorité des cas, comme dans l'exemple suivant :



Dans ce montage l'émetteur suiveur alimente un circuit d'affichage à deux LED. La LED D2 s'allume pour des tensions d'entrée basses, puisque la tension d'émetteur est basse. Dans ce cas en effet le transistor est bloqué et le courant de la LED traverse la résistance d'émetteur. Ce fonctionnement n'est possible que si la résistance d'émetteur est très faible. Il y a beaucoup d'autres cas où le concepteur d'un circuit est confronté au même problème : implanter une résistance faible, mais ne pas provoquer une consommation de courant importante et inutile. C'est ici que le montage dénommé *push-pull* (prononcez : "pouche-poule"; ce qui signifie "pousse-tire" dans la langue de Thatcher) peut rendre de grands services. La résistance d'émetteur y est remplacée par un transistor.

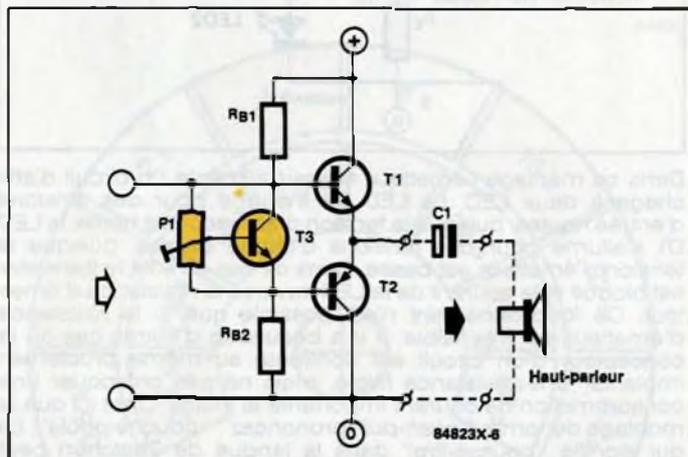


Le transistor T2 que nous avons ajouté conduit quand T1 est bloqué, remplaçant ainsi la résistance de faible valeur. Il se bloque quand T1 conduit, et ne le surcharge donc pas comme le ferait une résistance. Il y a un grand nombre de variantes dans le choix des transistors (PNP ou NPN) et de la façon de les piloter. En voici une simple :



La symétrie du montage saute aux yeux, et on ne peut plus dire lequel des deux transistors du montage pouche-poule sert de résistance d'émetteur à l'autre. Le transistor T1 conduit le courant du pôle positif vers la charge (tension croissante), alors que T2 conduit le courant de la charge vers le pôle négatif (tension décroissante). Les deux diodes s'emploient à maintenir une tension de 1,4 V entre les deux bases. Ainsi chaque jonction base-émetteur voit une tension suffisante pour que les deux transistors soient conducteurs. L'inconvénient est qu'un courant circule inutilement même en l'absence de signal. Comme d'autre part il faut d'abord que la tension varie de 0,7 V dans un sens ou dans l'autre avant que l'un des transistors commence à conduire, la plage de + 0,7 V à - 0,7 V ne serait pas amplifiée correctement sans ce courant permanent.

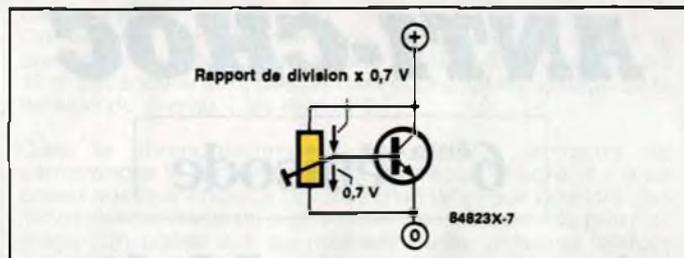
On appelle *courant de repos* ce courant permanent et apparemment inutile. Il est réglable, entre 5 et 10 mA, dans la plupart des amplificateurs Hi-Fi, qui utilisent presque tous le montage pouche-poule en sortie. La figure 6 illustre un type usuel de circuit de réglage du courant de repos.



La tension sur le troisième transistor y est déterminée par le réglage du potentiomètre P1. Si son curseur est en position médiane, la tension sera de deux fois la tension de seuil de la jonction base-émetteur de T3, soit quelque 1,4 V, et fort proche de la valeur optimale.

Le fonctionnement du potentiomètre diviseur est inversé par rapport au fonctionnement habituel. Utilisé normalement, un potentiomètre voit une tension fixe entre ses deux extrémités et en délivre une fraction variable entre une extrémité et le curseur.

Dans l'utilisation présente, il voit sur sa branche inférieure une tension fixe de 0,7 V et la tension totale est le produit de cette tension fixe par le rapport de division.



Si la résistance de la branche supérieure est de dix fois (par exemple) celle de la branche inférieure, l'ensemble verra une tension de :

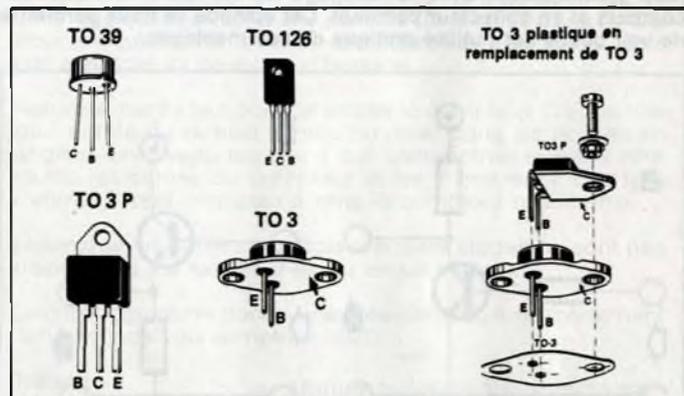
$$(10 + 1) \times 0,7 \text{ V} = 7,7 \text{ V}$$

Il faut se garder de polariser ainsi un étage pouche-poule car les deux transistors seraient non seulement conducteurs, mais saturés, et ne tarderaient pas à rendre l'âme. Dans le n° 8 d'El'ex, vous trouverez (page 13) un article complet sur l'amplificateur pouche-poule

Nous concluons cette somme en vous livrant les caractéristiques de quelques types de transistors de puissance utilisables dans ce genre d'étages de sortie.

Et comme vous devez approcher de la *saturation* en courant continu, c'est de courant alternatif que nous parlerons dans le prochain épisode.

(à suivre)



Le tableau appelle quelques explications :

Les **valeurs limites** sont des valeurs maximales, à ne jamais dépasser et même en principe à ne jamais atteindre. Les puissances dissipées ne le sont que par des composants munis du radiateur adéquat (voir le n°9, pages 16 et 18). Les groupes désignés par un suffixe, par exemple BC 139-10, correspondent à différentes classes de gain en courant. Le **courant de fuite** est celui qui circule du collecteur vers l'émetteur quand la tension base-émetteur est nulle. La tension de **saturation** est celle qui règne entre collecteur et émetteur quand la conduction du transistor est maximale. Elle dépend de l'intensité du courant de collecteur et le gain, dans ces conditions, est notablement inférieur à la valeur nominale. Le gain en courant diminue quand la fréquence augmente et la **fréquence de coupure** est celle pour laquelle le gain tombe à l'unité.

84823

Type Polarité/Boîtier		BC 140 NPN/TO 39	BC 160 PNP/TO 39	BD 139 NPN/TO 126	BD 140 PNP/TO 126	TIP 3055 NPN/TO 3(P)	TIP 2955 PNP/TO 3(P)
Limites							
Tension collecteur-émetteur	U_{CE0}	60 V	80 V	80 V	80 V	70 V	70 V
Courant de collecteur	I_C	1 A	1 A	1,5 A	1,5 A	15 A	15 A
Courant de base	I_B	0,1 A	0,1 A	0,2 A	0,2 A	7 A	7 A
Dissipation totale	P_{tot}	3,7 W	3,7 W	12,5 W	12,5 W	100 W	100 W
Caractéristiques							
Gain en courant β ou H_{FE}	groupe 6	40 ... 100	40 ... 100	40 ... 100	40 ... 100	—	—
	groupe 10	63 ... 160	63 ... 160	63 ... 160	63 ... 160	20 ... 70	20 ... 70
	groupe 16	100 ... 250	100 ... 250	100 ... 250	100 ... 250	—	—
Courant de fuite	I_{CES}	10 nA	10 nA	—	—	0,7 mA	0,7 mA
Tension de saturation	U_{CEsat}	0,6 (<1)V	0,6 (<1)V	0,5 V	0,5 V	1,1 V	1,1 V
Fréquence de coupure	f_t	50 MHz	50 MHz	50 MHz	75 MHz	2,5 MHz	2,5 MHz

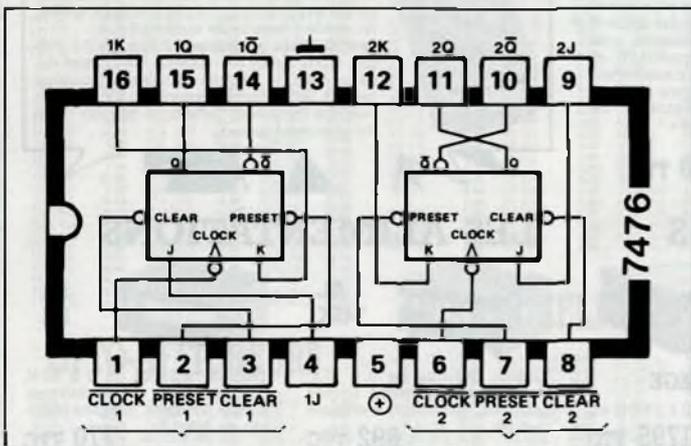
la logique séquentielle sans hic II

4^{ème} partie

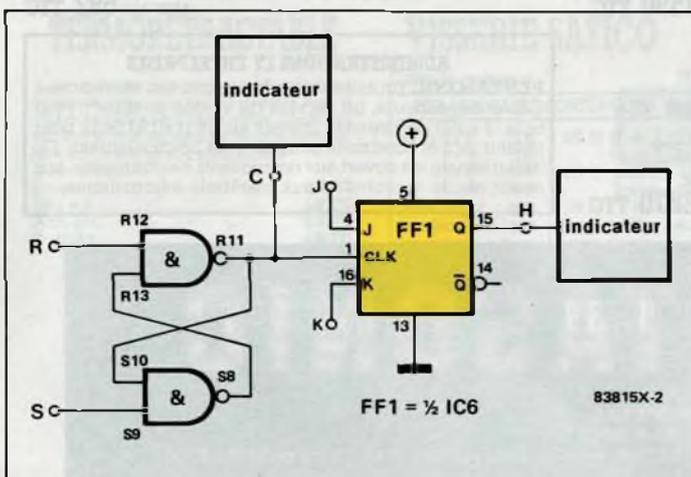
Juste au moment où les interminables enchaînements d'opérateurs logiques commencent à devenir barbant, nous sommes passés aux bascules intégrées. Nous savons maintenant que ce qui se passe dans un tel circuit intégré est assez compliqué et cela nous autorise à en oublier éventuellement les détails. Il était important que nous vous en fassions découvrir néanmoins l'existence, car vous ne saisissez l'importance de certaines caractéristiques des circuits intégrés que si vous êtes capable d'en imaginer la structure cachée.

Ce phénomène de répétition et d'accumulation des opérateurs logiques va se reproduire dans la suite de cette rubrique, mais cette fois avec les bascules. Le but de l'opération est de construire un diviseur à partir duquel dès le mois prochain (dans le cinquième épisode) nous serons en mesure d'élaborer un circuit de comptage. Dès lors l'électronique logique trouvera une foule d'applications pratiques et nous vous proposerons régulièrement dans ELEX des réalisations dont vous ne ferez qu'une bouchée grâce à votre assiduité à la rubrique *la logique sans hic*.

Désormais, les bascules sont pour nous des blocs à trois entrées et deux sorties complémentaires. A la fin du dernier épisode de la rubrique *la logique sans hic*, le symbole de bascule «à la mode ELEX» opposé au symbole normalisé, au bas de la colonne de gauche de la page 47, était celui d'une bascule RS «en général», vous l'avez rectifié sans doute, et non celui d'une bascule JK comme indiqué.



Pour la platine DIGILEX nous avons retenu le circuit 7476 dont chaque exemplaire contient deux bascules. Puisqu'on peut placer deux de ces circuits intégrés sur une platine DIGILEX, nous aurons donc quatre bascules universelles à notre disposition, avec pour chacune une entrée d'horloge, une entrée de positionnement et une entrée d'effacement.



Rappelons que, s'agissant de bascules, les mots CLEAR et RESET (R) sont synonymes (= effacement, remise à zéro) de même que les mots SET (S) et PRESET (= positionnement, mise à 1).

Pour tester notre première bascule JK intégrée, nous en attachons l'entrée d'horloge CLK (IC6 broche 1) avec le signal de sortie d'une classique bascule RS formée par deux opérateurs NON-ET. La bascule RS nous permet d'obtenir une succession de 0 et de 1 sans rebond. Pour cela il suffit de toucher brièvement la ligne 0 successivement à l'aide des fils reliés aux entrées S et R de cette bascule. Quand la sortie du bistable est à 1, l'indicateur C s'allume.

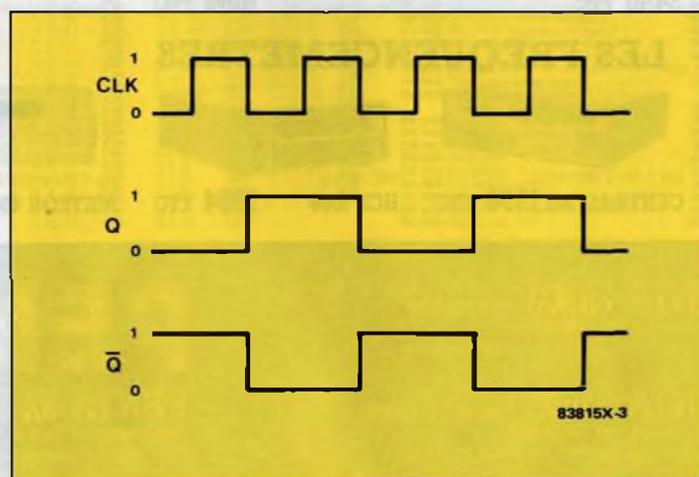
On remarquera que sur la platine DIGILEX la tension d'alimentation du circuit intégré IC6 n'est pas présente d'office. Nous câblerons donc ses broches d'alimentation 5 et 13 (et non 16 et 8!) à l'aide de cavaliers comme nous le faisons pour les signaux ordinaires (Note : ceci nous permet d'utiliser sur ces supports certains circuits intégrés dont le brochage n'est pas conventionnel).

Nous mettrons les entrées J et K à 0 à tour de rôle, tandis que les entrées RESET et CLEAR seront forcées à 1 toutes les deux (IC6, broches 2 et 3). A chaque impulsion d'horloge, plus précisément lors du flanc descendant de chaque impulsion d'horloge, la sortie de la bascule IC6 adopte l'état de la combinaison J/K du moment, comme on peut le voir grâce à l'indicateur H commandé par la sortie Q de la bascule. Quand l'entrée CLK est à 0 il ne se passe rien, car les entrées sont pour ainsi dire verrouillées. Il ne se passe rien non plus quand les entrées J et K sont toutes deux à 0.

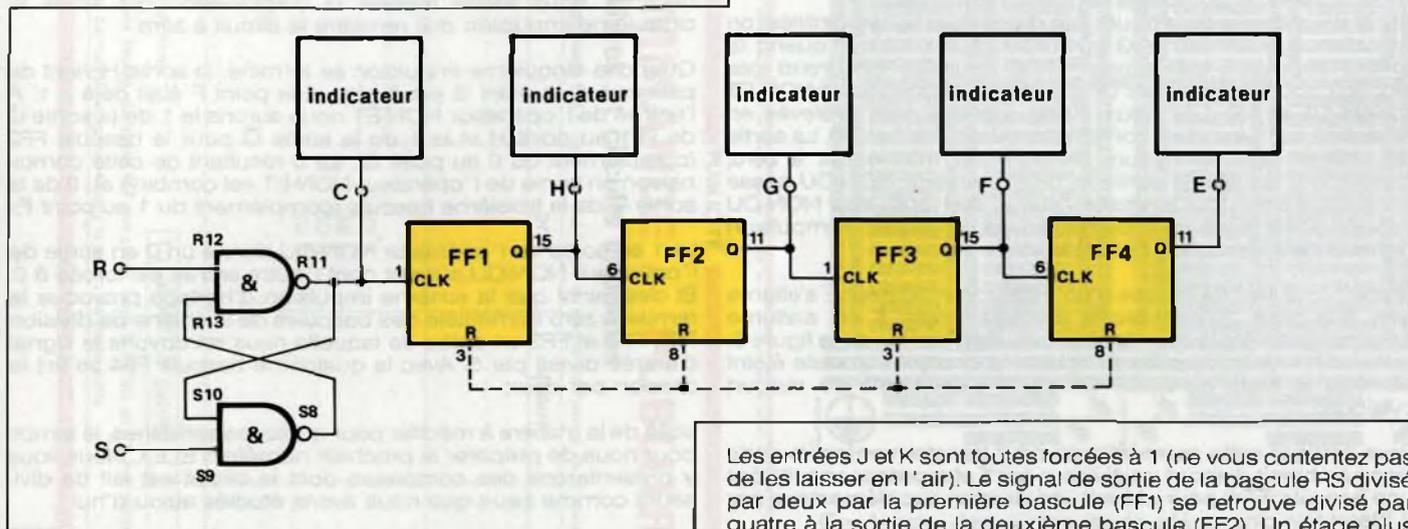
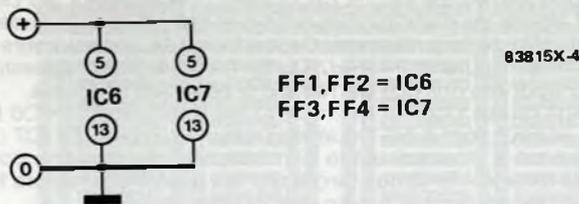
On dira donc en résumé que tant que l'entrée CLK est à 1, la bascule JK prend en compte des informations qui n'apparaissent en sortie qu'avec le flanc descendant du signal d'horloge CLK.

La combinaison d'entrée J/K = 0/0 reste sans effet sur la bascule, mais la combinaison J/K = 1/1 provoque un changement d'état de la sortie à chaque impulsion d'horloge. Si l'entrée SET est forcée à 0, la bascule adopte la combinaison de sortie Q/Q = 1/0 indépendamment de tous les autres signaux. A l'inverse, si l'entrée CLEAR est forcée à 0, la bascule adopte la combinaison de sortie Q/Q = 0/1 indépendamment de tous les autres signaux.

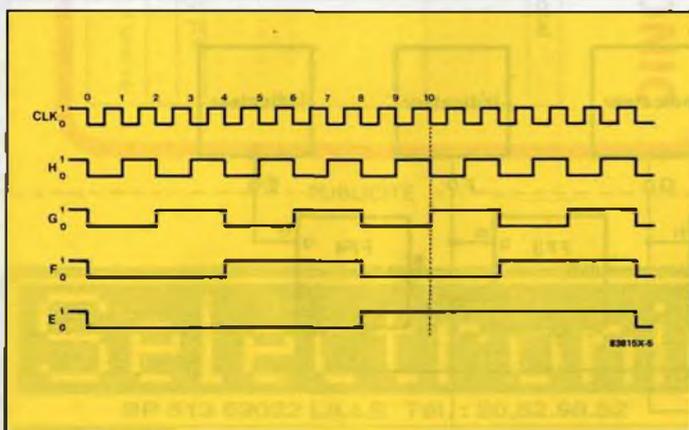
Mais revenons à la combinaison d'entrée J/K = 1/1 (forcez ces entrées à 1 et ne vous contentez pas de les laisser en l'air). Voici le diagramme des signaux obtenus avec une séquence d'impulsions d'horloge appliquée à l'entrée CLK :



On constate que le nombre d'impulsions obtenues en sortie est rigoureusement égal à la moitié du nombre d'impulsions appliquées à l'entrée. Essayez sur votre platine DIGILEX.
 La fréquence des impulsions, c'est-à-dire leur nombre par unité de temps, est divisée par deux. Pour obtenir une impulsion de sortie, il en faut deux à l'entrée. Si vous voulez que l'indicateur H s'allume 2 fois, il faudra mettre les entrées R et S à zéro à tour de rôle 4 fois chacune.
 Puisque nous disposons de trois autres bascules, connectons-les les unes derrière les autres, en intercalant à chaque fois un afficheur :

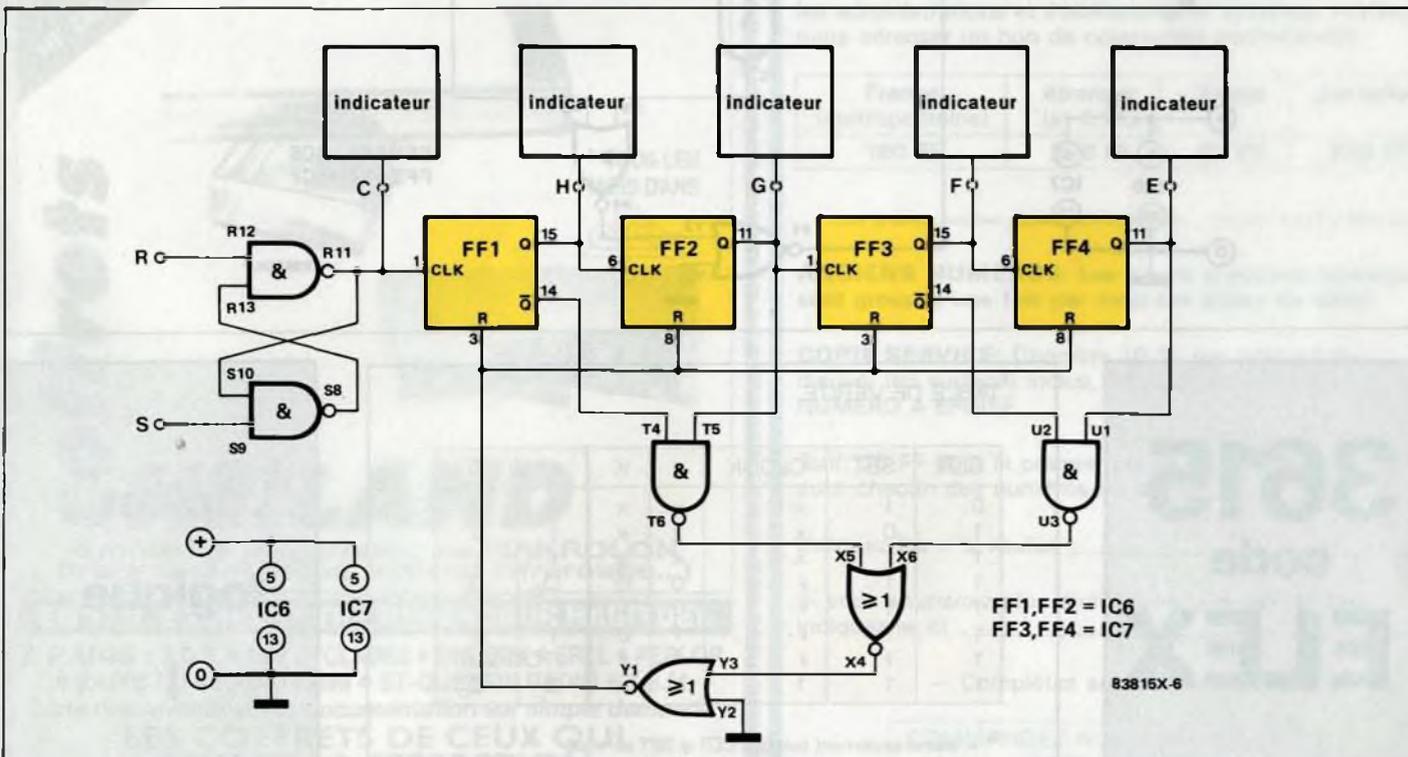


Les entrées J et K sont toutes forcées à 1 (ne vous contentez pas de les laisser en l'air). Le signal de sortie de la bascule RS divisé par deux par la première bascule (FF1) se retrouve divisé par quatre à la sortie de la deuxième bascule (FF2). Un étage plus loin, il ressort divisé par huit (FF3), puis par seize (FF4). Autrement dit, il faut seize impulsions d'horloge au point C pour une impulsion au point E.
 Pour commencer cette expérience, forcez brièvement à zéro l'entrée de remise à zéro (broches 3 et 8) de toutes les bascules intégrées dans IC6 et IC7 afin d'éteindre l'une ou l'autre LED qui s'est peut-être allumée spontanément lors de la mise sous tension du circuit. Cela s'appelle «initialiser un circuit».



Avez-vous remarqué que les rapports de division étaient des valeurs binaires? Oui, sans doute. Cela n'est pas étonnant puisque chaque division est une division par deux de la valeur précédente. Ceci dit, nous ne sommes pas bien avancés avec ce diviseur, puisque nous avons l'habitude de compter dans le système décimal...

Cela peut s'arranger avec un circuit composé de quatre opérateurs logiques capable de détecter la dixième impulsion. C'est grâce à leur entrée CLEAR (ou RESET) que nos bascules pourront être remises à zéro, comme nous le voyons sur le circuit suivant :



Désormais, l'indicateur E s'allume une fois toutes les dix impulsions d'entrée. Le circuit rajouté est un décodeur en ce sens qu'il attend un code binaire précis et fournit un signal dès qu'il en a détecté la présence. Ce code est le code binaire de la onzième impulsion ($H=F=0; G=E=1$) et le signal en question est un 0 pour les entrées de remise à zéro des bascules.

Il s'agit d'une fonction ET : quand les bascules 1 de IC6 ET IC7 (FF1 et FF3) sont à 1 ET que les bascules 2 d'IC6 ET IC7 (FF2 et FF4) sont à 0 - ceci est la combinaison du dixième code de sortie binaire - le circuit formé par les quatre opérateurs force à 0 l'entrée de remise à zéro des quatre bascules.

A partir de là, le comptage reprend à partir de 0. Sur le diagramme de la figure 5 (à droite de la ligne pointillée) on voit bien que les points G et E du circuit sont à 1 quand la 11^{ème} impulsion est arrivée. C'est pourquoi on prend ces signaux pour les appliquer directement aux opérateurs NON-ET (points U1 et T5). Les deux autres signaux sont prélevés en revanche sur les sorties complémentaires \bar{Q} (U2 et T4). La sortie de chacun des opérateurs NON-ET est maintenant à zéro, condition à laquelle la sortie X4 de l'opérateur NON-OU passe à 1 et force à son tour à zéro la sortie Y1 de l'opérateur NON-OU suivant. C'est ainsi qu'à peine arrivée, la onzième impulsion remet à zéro les quatre bascules JK.

Notre circuit souffre encore d'un défaut : l'indicateur E s'allume une fois pour 10 impulsions d'entrée, mais il ne s'allume comme le montre la dernière ligne du diagramme de la figure 5, qu'avec les deux dernières impulsions du cycle, et reste éteint pendant le reste du cycle. On parle d'asymétrie du rapport cyclique.

Pour corriger cette asymétrie, on peut transformer le circuit de façon à obtenir d'abord un diviseur par 5 et repasser ensuite par une bascule (FF4) pour obtenir une division supplémentaire par 2 (deux fois cinq...).

Le résultat final reste une division par dix. La LED de l'indicateur s'allume l'espace de 5 impulsions puis reste éteinte durant les 5 impulsions suivantes. Maintenant le rapport cyclique est symétrique.

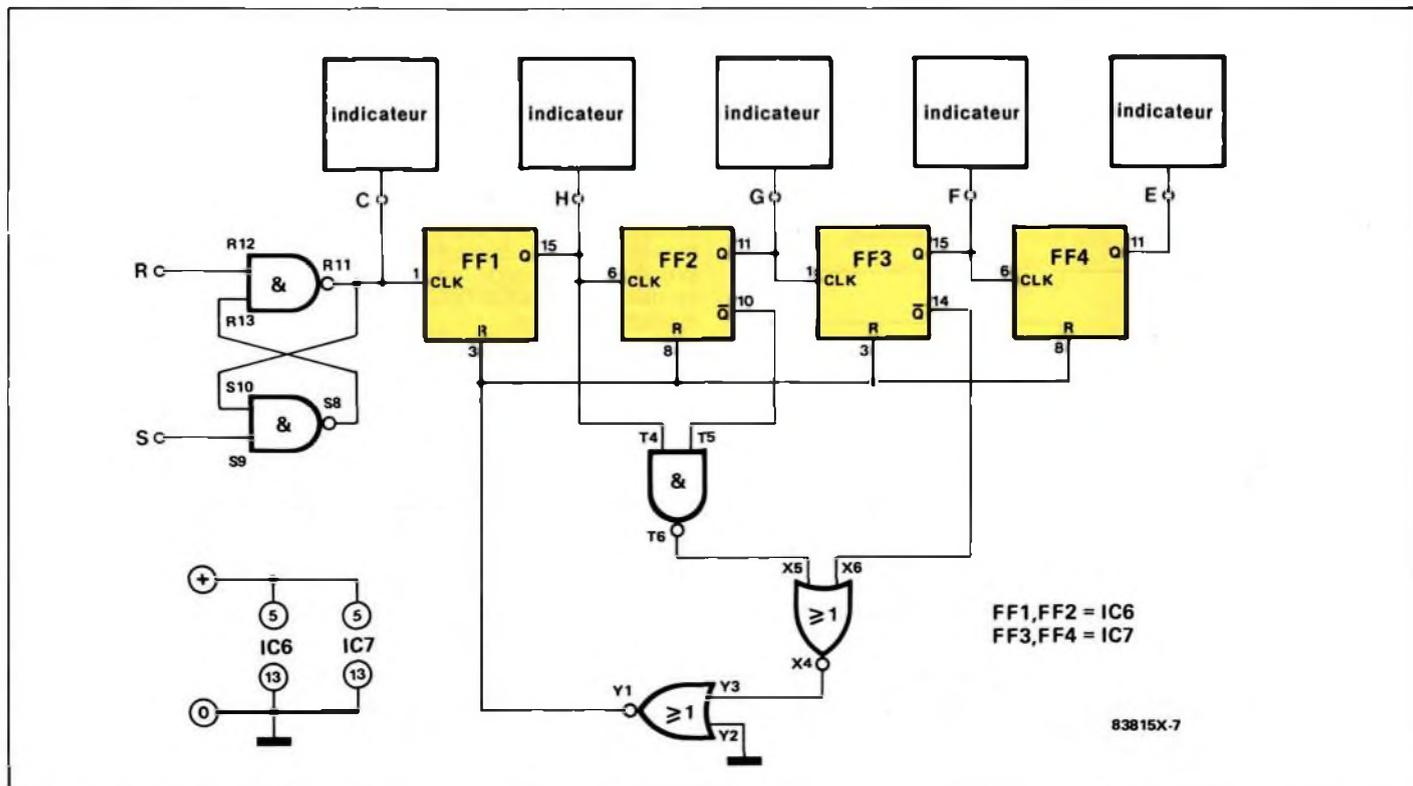
Vous avez sans doute été estomaqué de voir avec quelle facilité on obtenait une division par cinq alors que jusqu'alors il n'avait été question que de division par deux. Ce détail mérite un peu d'attention. De même que l'examen du diagramme de la figure 5 nous a permis de repérer la combinaison de niveaux logiques qui devait marquer la fin du cycle de comptage décimal, nous allons repérer la combinaison qui après la cinquième impulsion doit remettre le circuit à zéro.

Quand la cinquième impulsion se termine, la sortie H vient de passer à 1, le point G est à zéro et le point F était déjà à 1. A l'entrée de l'opérateur NON-ET nous aurons le 1 de la sortie Q de FF1 au point H et le 1 de la sortie \bar{Q} pour la bascule FF2 (complément du 0 au point G). Le 0 résultant de cette combinaison en sortie de l'opérateur NON-ET est combiné au 0 de la sortie \bar{Q} de la troisième bascule (complément du 1 au point F).

Le 1 en sortie de l'opérateur NON-OU donne un 0 en sortie de l'opérateur NON-OU suivant dont l'autre entrée est forcée à 0. Et c'est ainsi que la sixième impulsion d'horloge provoque la remise à zéro immédiate des bascules de la chaîne de division FF1, FF2 et FF3 en sortie de laquelle nous retrouvons le signal d'entrée divisé par 5. Avec la quatrième bascule FF4 se fait la division par deux.

Voilà de la matière à méditer pour quelques semaines, le temps pour nous de préparer le prochain numéro d'ELEX. Nous vous y présenterons des compteurs dont le circuit est fait de diviseurs comme ceux que nous avons étudiés aujourd'hui.

83815



3615
code
ELEX

TABLE DE VÉRITÉ

CLR	SET	CLOCK	J	K	Q	\bar{Q}
0	1	x	x	x	0	1
1	0	x	x	x	1	0
1	1	x	x	x	1 ^{qb}	1 ^{qb}
1	1	↓	0	0	Q ₀	\bar{Q}_0
1	1	↓	0	1	0	1
1	1	↓	1	0	1	0
1	1	↓	1	1	TOGGLE	
1	1	1	x	x	Q ₀	\bar{Q}_0

^{qb} = stable seulement tant que CLR et SET sont à 0

... c'est
logique
!