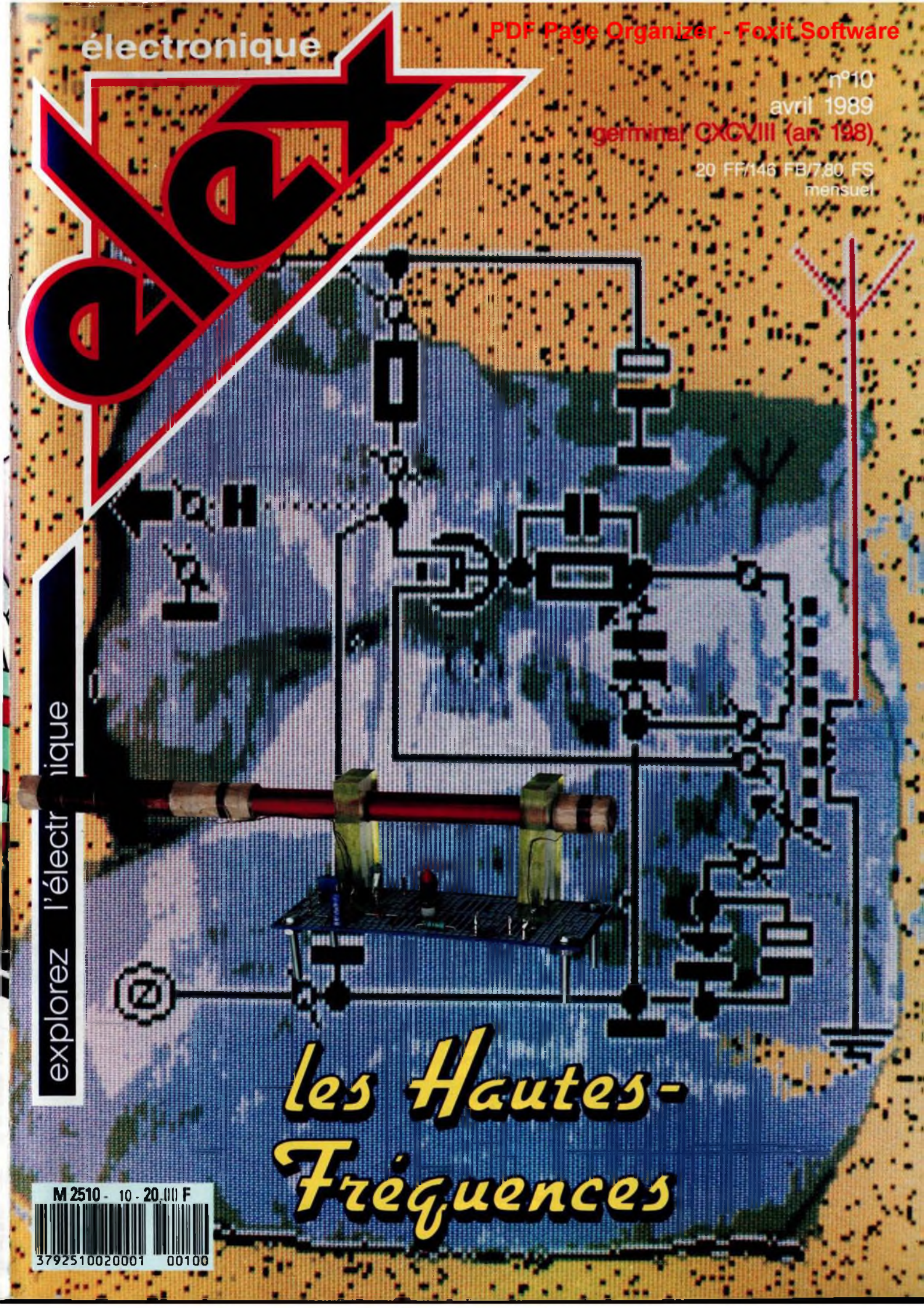
PDF Page Organizer - Foxit Software

électronique

elex

n°10
avril 1989
germinal CXCVIII (an 198)
20 FF/146 FB/7,80 FS
mensuel

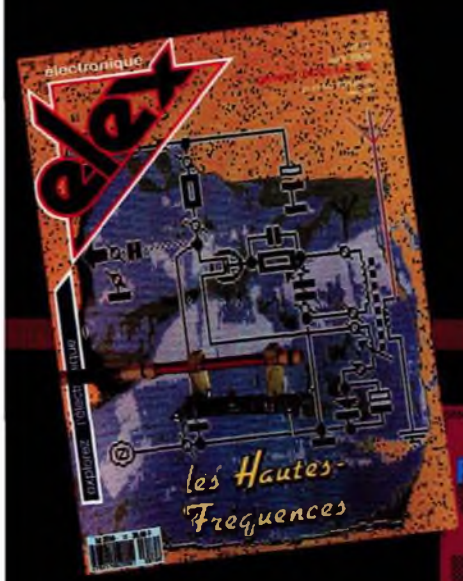
explorez l'électronique



les Hautes-Fréquences

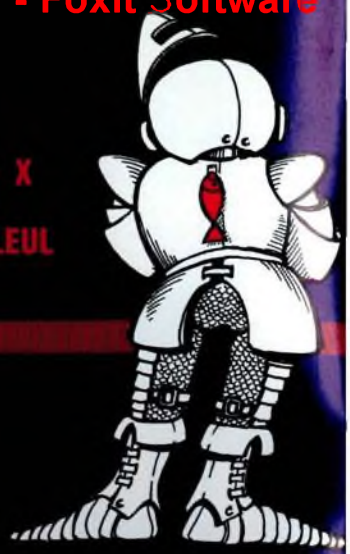
M 2510 - 10 - 20,00 F
3792510020001 00100

PDF Page Organizer - Foxit Software



elex

E·L·E·X
BP 53
59270 BAILLEUL



SOMMAIRE ELEX N°10

RUBRIQUES

6 · elexprime
28 · elixir
34 · livres
43 · elexpérience : détrompeur
48 · périscope : Fluke
56 · périscope : boîtiers ESM

RÉSI&TRANSI
6 · Dis donc, et le gag?

PRATIQUE

16 · antenne MF express
44 · platines elex
57 · mise au point d'une alimentation

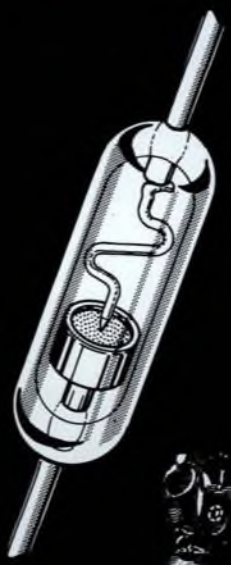
INITIATION

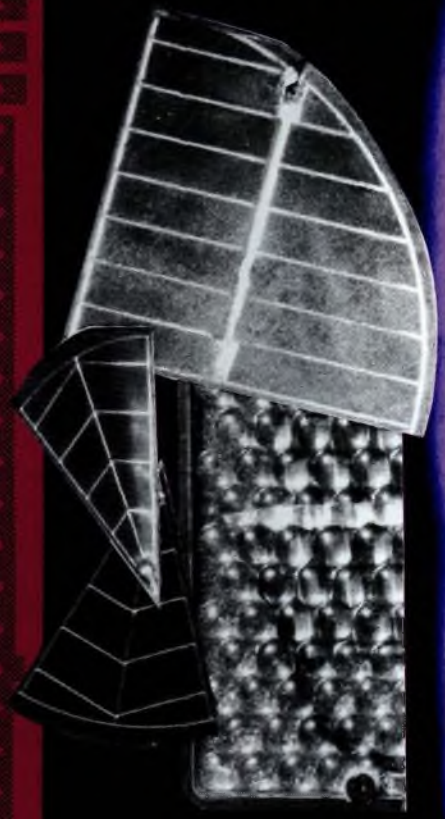
47 · la logique sans hic II (3ème partie)
52 · analogique anti-choc récapitulation

9 · la réception hautes fréquence
11 · crooner ou la propagation des ondes H.F.
24 · les composants H.F.

REALISATIONS

14 · mesureur de champ
17 · récepteur Grandes Ondes
20 · amplificateur d'antenne MF
30 · adaptateur fréquencemètre pour votre multimètre
35 · gong à trois notes
38 · jeu d'adresse
41 · flash esclave à cellules solaires





éditorial

ELEXCALIBUR au poing !

En avril 1988 paraissait le premier numéro d'ELEX. Compte tenu du fait que les deux premiers numéros ont été bimestriels, le NUMÉRO DIX marque donc le premier anniversaire de ce magazine que vous êtes des milliers à adopter chaque mois comme guide pour vos explorations.
Un an d'ELEX, serait-ce déjà l'heure des bilans ? Ne craignez rien, ce n'est pas dans ELEX que vous aurez à subir de discours commémoratifs. En deux mots, il reste beaucoup à faire, c'est ce qui compte.

Un sujet de satisfaction pour nous est le nombre des enseignants, des éducateurs et des professionnels de la formation que nous pouvons compter parmi nos lecteurs. Ils sont aujourd'hui plus de 5000 individus eux-mêmes spécialistes de l'éducation, à travers chacun desquels nous atteignons parfois des dizaines d'autres lecteurs indirects et elextroniciens potentiels. Ça aussi ça compte.

La grande difficulté réside dans le fait qu'un magazine d'initiation comme celui-ci perd ses lecteurs au fur et à mesure de leurs progrès puisque leur niveau les porte vers d'autres lectures. Il faut pourtant que d'une part la qualité du magazine et par conséquent son succès, et d'autre part le niveau de ses lecteurs suivent la même courbe de progression ascendante. Un sacré casse-tête ! Nous cherchons donc à dissocier la facture des articles de leur contenu, parfois complexe. Savez-vous que le mot complexe est souvent utilisé à tort comme synonyme de compliqué ? Vous pouvez vérifier dans le dictionnaire. **Complexe ou pas, ELEX ne doit jamais être compliqué.**
Plus de la moitié de ce numéro est consacrée aux hautes fréquences, ce domaine si périlleux de l'électronique où l'intuition joue un rôle étonnamment important. Les fondements en sont accessibles à tous et dès le début, ce numéro le prouve. Pourtant, à côté de ce qui pour beaucoup représentera un grand bond en avant avec la HF, la rubrique ANALOGIQUE ANTI-CHOC marque cette fois un temps d'arrêt, comme l'avait fait la rubrique d'initiation à la logique il y a quelques temps. Ce regard jeté en arrière sur les notions acquises dans les épisodes précédents explique pourquoi c'est de dos que l'on voit la mascotte de la rubrique, notre chevalier en armure. Le mois prochain, il reprendra de front sa croisade contre les difficultés de l'électronique analogique, ELEXCALIBUR au poing.

Le ton virulent de certaines lettres de nos lecteurs nous rassure sur au moins un point : vous avez une certaine idée de ce qu'ELEX devrait être, même si le plus souvent vous ne définissez dans vos lettres que ce qu'ELEX ne doit **pas** devenir ou ne **plus** être. Nuance ! La correspondance que vous nous adressez nous est utile, même si nous avons notre propre idée là-dessus.

Le besoin d'une correspondance directe entre lecteurs s'est manifesté dès le début et s'accentue, c'est pourquoi nous étudions la possibilité d'aménager une petite page de forum pour les lecteurs dans le magazine lui-même. Pour l'instant nous continuerons néanmoins de stimuler les échanges par le minitel (3615 code ELEX).

Saluons pour finir l'arrivée des nouveaux annonceurs. Vous décèlerez comme nous dans leurs annonces publicitaires une tendance —qui se renforcera sans doute— à diffuser des annonces non seulement adressées spécialement aux électroniciens débutants mais encore centrées sur le contenu d'ELEX. Bravo !
Faites confiance aux revendeurs de composants qui s'engagent dans cette voie, ce n'est pas celle de la facilité mais elle portera ses fruits à terme.
Et recommandez-vous de la part d'ELEX, car désormais ça aussi, ça compte.

PDF Page Organizer - Foxit Software

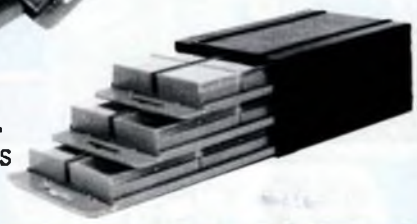
PENTASONIC
vous invite à découvrir

VISSERIE SAFICO

LA SOLUTION SIMPLE
A VOS PROBLEMES
DE VISSERIE

SAFICO a créé pour vous le coffret empilable de rangement, idéal pour visserie.

Chaque casier contient 25 vis du modèle que vous choisirez selon vos besoins et que vous pourrez loger au fur et à mesure dans les tiroirs spécialement conçus.



COFFRET DE RANGEMENT COMPRENANT 3 TIROIRS VIDES
97F

PRIX D'UN CASIER CONTENANT 25 VIS

DIN 85	3 × 8	13,50	DIN 934	Ecrou 3	9,30
	3 × 12	13,70		Ecrou 4	11,20
	3 × 20	17,10	DIN 6798	3.2	7,90
	4 × 12	18,75		4.2	9,90
DIN 84	1,8" × 8	16,30	DIN 7971	2,9 × 13	19,40
Pas américain	1,8" × 12	16,50		2,9 × 19	22,50
				3,5 × 16	24,60
DIN 125	3.2	9,30	DIN 7985	3 × 8	14,90
	4.2	12,50		3 × 12	16,50
				4 × 12	24,70
DIN 912	3 × 8	14,90	T 2931.10		34,90
	3 × 12	44,30		15	42,00
	4 × 12	39,10		20	44,00

PENTA 8
36, rue de Turin 75008 PARIS
Tél. : 42.93.41.33
PENTA 13
10, bd Arago 75013 PARIS
Tél. : 43.36.26.05
PENTA 16
6, rue Maurice-Bourdet 75016 PARIS
Tél. : 45.24.23.16
PENTA 92
20, rue Perier 92120 MONTROUGE
Tél. : 40.92.03.05
PENTA 13002
106, av. de la République 13002 MARSEILLE
Tél. : 91.90.66.12
PENTA 34000
3, rue Rondelet 34000 MONTPELLIER
Tél. : 67.58.30.31
PENTA 44000
9, allée de l'Ile-Glorieuse 44000 NANTES
Tél. : 40.08.02.00
PENTA 68000
28, rue Gay-Lussac 68000 COLMAR
Tél. : 89.23.94.28
PENTA 69007
7, av. Jean-Jaurès 69007 LYON
Tél. : 72.73.10.99

9 points de vente professionnels

PDF Page Organizer - Foxit Software

elexprime

Cette rubrique à géométrie variable ne prétend pas donner des cours particuliers d'électronique. Fayots s'abstenir ! Sa fonction est plutôt de donner à ses lecteurs l'occasion d'exprimer ce qui leur tient à coeur, et de refléter l'humeur de ceux qui se donnent le mal de nous écrire. Même s'il nous est impossible de répondre de façon circonstanciée à chacun, nous nous efforcerons non seulement de tenir compte de vos suggestions, mais aussi de répondre à vos questions, et ceci non pas par des réponses individuelles, mais par le contenu même de ce numéro d'ELEX et des suivants.

A l'attention très personnelle du responsable de la rubrique Elexprime.

[...]
1 ère Remarque : S'il n'est point nécessaire de s'exprimer à l'imparfait du subjonctif pour écrire dans cette rubrique, je pense que d'autres lecteurs que moi souhaiteraient ne pas y voir imprimé le genre de facétie d'un certain Monsieur "X", dont les lettres tellement "croustillantes" vous en font mettre un "S" à "nous inonde". D'esprit rassis, et sous réserve que vous répondiez à ce lecteur, je ne saurais trop vous suggérer de l'inciter à prendre quelques cours de français [souligné] élémentaire, outre et parallèlement à "l'électronique ??" qu'il pratique. . . Que de temps perdu, en photocopies ou/et mise en page, sans parler de la place disponible autrement utilisable en lieu et place de cette insanité !
La vulgarisation de l'électronique que vous souhaitez [...] n'implique pas conséquemment le tutoiement dont vous faites usage ou/et la vulgarité dont vous faites preuve par moments.
[...]
2 ème Remarque : Je ne peux qu'approuver Monsieur Pialat, de Toulouse pour ses remarques très justifiées sur la "Logique sans hic" (sauf en ce qui concerne certains qualificatifs. . .). J'ai encore les textes et plaque d'essai de DIGIT 1, de Publitronic : ces textes sont beaucoup plus clairs et explicites que les vôtres, sous condition de paragraphes similaires, bien entendu
[...]

Quant à votre post-scriptum de ce même numéro, tenez-vous en à faire de l'électronique [souligné] sans chercher à faire de l'esprit : il y a certains d'entre vous qui auraient grand intérêt à balayer devant leurs portes avant d'écrire. . .
[...]

M. Roger W. Vergnes
06110 LE CANNET

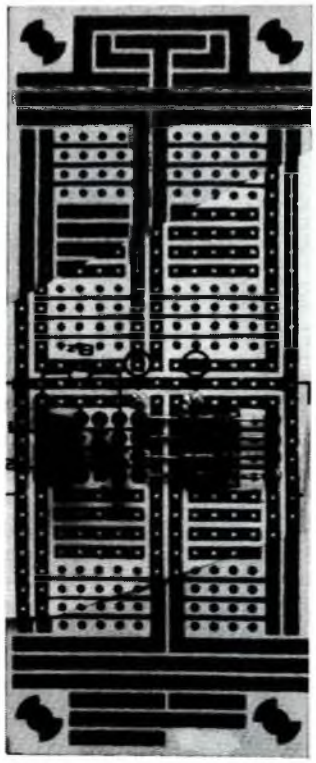
Réponse à M. Vergnes par le responsable de la rubrique.
*Monsieur Vergnes, **vous** qui nous critiqu**ez** vertement (conjugué comme dans «sacré Eugène, **toi** qui nous inonde**s**»), soyez d'abord remercié de la peine que vous avez prise à nous écrire sans faute, et excusé de ne pas y être arrivé.*
Vous critiquez un lecteur pour l'indigence de son français, et vous nous reprochez de trouver ses lettres croustillantes. La morale, la Morale Grammaticale, pas plus que le bon goût ne vous confèrent le droit de nous dénier celui de publier des lettres qui posent des questions d'intérêt général, quels qu'en soient la forme et l'auteur; nous ne doutons pas un seul instant qu'il se trouvera quelque lecteur pour juger la vôtre à son tour.
Il est vrai qu'Eugène nous inonde (sans "s") de lettres qui témoignent de ses progrès en français autant qu'en électronique, ce qui devrait vous réjouir comme nous.

Sur la question de la Logique sans hic : votre avis est partagé par quelques lecteurs, d'autres nous disent apprécier et comprendre les explications qui y sont données. Vous ne parlez pas de toutes les autres rubriques, des montages, informations, etc. Les appréciez-vous ? Le bilan est-il globalement positif ?

Sur votre troisième remarque, concernant les correspondants, reportez vous à la réponse faite à M. Dulieux dans le N° 8 et au 3615 ELEX.

*P.S : Réponse à Monsieur Vergnes par un rédacteur besogneux qui en a marre de se faire corriger par le rédacteur en chef et par les lecteurs et qui pense que faire de l'électronique ne suffit pas pour faire un journal et que la preuve que le rédacteur en chef ne corrige pas assez c'est que plein de lecteurs nous reprochent les fautes qui sont passées à travers les différents contrôles et que pour ce qui est de balayer devant notre porte, qu'il se rassure, on balaye, et qu'on a assez d'une porte chacun et que c'est pas la peine qu'il mette "**outre et parallèlement**" de "s" à "leurs portes".*

* *



Un tout petit reproche : pourquoi ne donnez-vous pas les références des coffrets utilisés ?
Un jour, peut-être, aborderez-vous la robotique. Alors, faites en sorte que l'on puisse trouver facilement la "mécanique". Une suggestion : utiliser le Meccano.
Pour réaliser les circuits, je colle sur la platine la photocopie de la figure montrant l'implantation des composants. Vous avez dû y penser !
Félicitations et meilleurs sentiments

M. Roger Bonhomme
77100 MEAUX

Nous parlons de coffrets dans chaque numéro ou presque. Dans ce N° 10, il s'agit de coffrets ESM équipés de douilles taraudées M3 pour la fixation des platines ELEX. Il y en aura d'autres, le choix est tout autant une question de goût que de technique. Vous avez une façon fort adroite de nous dire que vous aimeriez faire revivre votre Meccano avec un peu de robotique.
Au risque de vous décevoir, nous n'avons pas encore prévu de décrire une réalisation complète dans ce domaine; mais nous donnerons, dans différents articles, les éléments que vous pourrez assembler au gré de votre imagination pour donner à vos montages mécaniques sinon de l'intelligence, au moins des réflexes. Et bien sûr nous nous ferons l'écho de vos trouvailles. [Y a-t-il façon plus adroite de faire appel aux communications des lecteurs ?]
Bravo pour votre idée de coller la copie de l'implantation sur la platine. Vous voyez bien qu'il ne faut pas tout dire : chacun est plus content d'avoir trouvé tout seul, et d'en faire profiter les autres.

* *

J'aimerais un article sur l'oscilloscope expliquant son fonctionnement et ses utilisations car comme débutant on a tendance à acheter ce matériel d'occasion et l'on se retrouve sans mode d'emploi. D'autre part, je suis un mordu de radiocommande de modèles réduits d'avions et ce serait vraiment bien si votre revue publiait régulièrment des articles sur des montages de radiocommande (voir même une rubrique, à la place des B.D. par exemple) [...] Je vous fais une liste des sujets qui m'intéressent :
- Chargeur d'accus Cd-Ni avec arrêt automatique en fin de charge et mise en charge d'entretien
- Augmentation de la puissance d'un émetteur
- Test, réparation et réalisa-

tion de circuit imprimé de servo-moteur
- Test, réparation et réalisation de récepteurs FM 72 et 41 MHz

Vous pourriez également dans votre journal faire appel à des lecteurs électroniciens chevronnés (bénévoles) pour conseiller dans leur région les débutants ou même faire des démonstrations de montages ou de contrôles.

En espérant que mes suggestions auront des suites favorables, je vous prie de croire en mes sincères salutations.

Bernard Di Biagio
13012 MARSEILLE

On a des lecteurs formidables, vous ne trouvez pas, Chef ? Voilà un sommaire pour plusieurs numéros, tout fait, et par un lecteur ! Merci, Monsieur Di Biagio.

Vous allez considérer comme une première suite favorable à votre lettre les deux articles déjà prévus sur l'oscilloscope. Il semble en effet que, tout débutants que vous soyez, vous êtes de plus en plus nombreux à disposer d'un oscilloscope. Nous publierons aussi des montages destinés à la radio-commande. Mais il s'agira toujours de montages simples, et dont la mise au point ne nécessite pas de matériel lourd.
De plus, comme tous les lecteurs ne sont pas forcément mordus de radio-commande, il ne faut pas qu'Elex se transforme en revue spécialisée, ni en RC ni en autre chose. Quand à supprimer la B.D. . . vous n'y pensez pas, mon brave Monsieur ! Bonne idée que celle de faire appel à des électroniciens chevronnés pour "piloter" les débutants. C'est une sorte de club que vous imaginez : le 3615 ELEX est à votre disposition pour cela, profitez-en !

Fontenay le 24/III/1989.

Bâtiment 301
33, av. du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny
94120 Fontenay-sous-Bois
Téléphone (1) 48 76 61 61 Télex 262 630
Télécopie (1) 48 77 28 38

OBJET: Corection.
Article du N°4 D'ELEX.
Mini enceintes avec caisson de grave.

MINI ENCEINTES

Haut parleur N°1: HD 20 B 25 RVX 4 CP 12.
Ce haut-parleur peut être remplacé par le BMH 406 (MHD 21 B 37 RVX/2CN12) qui est plus puissant , équipé d'une bobine de diamètre de 37 mm. Il serait souhaitable de faire un essai avec le caisson pour vérifier son comportement.

Huat-parleur N°2: HIF 13 JVX.
Ce haut-parleur peut-être remplacé par le BMH 401 (HIF 13 RVX 8/2CN12) qui possède un circuit magnétique plus important en rapport avec le BMH 406. L'adaptation demandera certainement un réseau d'atténuation série/parallèle entre le filtre et le haut-parleur. (Valeur probable: Rs 1,5 Ohm et Rp 15 Ohms).

Haut-parleur N°3: HD 100 D 25.
Ce haut-parleur peut-être remplacé par le TWH 105 (DTW 100 T 25 F G8) qui reprend lui aussi les caractéristiques des deux autres remplacements.

AUDAX CONNAIT LA MUSIQUE

Les derniers contacts que nous avions eus avec la société AUDAX étaient du genre percussion. Nous voici revenus à L'harmonie. Les nombreux lecteurs qui se plaignaient de ne plus trouver les hauts-parleurs de cette marque seront comblés par le courrier clair et détaillé que nous venons de recevoir et dont nous reproduisons un extrait. Jouez hautbois, résonnez. . .

Demande de renseignement :
N° 8, page 5, rubrique élex-prime, 2e colonne (réponse à Edmond Dulieux)
Au sujet d'un osciloscope, vous dites "inutile d'opter pour un modèle coûteux"
1 - Pouvez-vous me dire (à défaut de marque) les fonctions nécessaires et un ordre de prix pour ce genre d'appareil.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Selectronic

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

LE LEADER DE L'ELECTRONIQUE PAR CORRESPONDANCE

Vous propose en kit les réalisations décrites dans ELEX !

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

	REFERENCE DU KIT	PRIX DU KIT	CIRCUIT IMPRIME A PREVOIR	COFFRET CONSEILLE (EN OPTION)
ELEX n° 1				
Testeur de continuité (avec H.P.)	101.8580	58,00 F	①	RG2
Sirène de vélo (avec H.P.)	101.8581	70,00 F	①	30M
Testeur de transistors	101.8582	50,50 F	①	RG2
Alimentation stabilisée 0 à 15 V (avec 2 galvas)	101.8583	345,00 F	②	EB16/08
Balance pour auto-radio	101.8584	51,00 F		RG1
Commande de plafonnier	101.8585	41,00 F	①	–
ELEX n° 2				
Gradateur pour lampe de poche	101.8586	20,00 F	①	–
Minuteur de bronzage (avec buzzer)	101.8587	85,00 F	②	RG3
Ressac électronique	101.8588	22,00 F	①	RG1
Ohmmètre linéaire (avec galva)	101.8589	143,00 F	①	RG3
Gyrophare de modèle réduit	101.8590	32,00 F	①	–
Etage d'entrée pour multimètre	101.8591	32,00 F	①	RG2
Chargeur d'accus universal	101.8592	174,00 F	①	EB16/08
Platine d'expérimentation DIGILEX	101.8593	188,00 F	④	RA2
ELEX n° 3				
Minuterie électronique (avec H.P.)	101.8594	54,00 F	①	RG2
Testeur de polarité	101.8595	22,00 F	①	RG1
Arrosage automatique	101.8596	53,00 F	①	RG2
Décade de résistance	101.8597	165,00 F		EB21/08
Thermomètre	101.8598	126,00 F	①	RG3
Décade de condensateurs	101.8599	142,00 F		EB21/08
ELEX n° 4				
Compte tours (avec galva)	101.8611	123,50 F	①	RG2
Mini amplificateur TDA 2003	101.8612	38,50 F	①	RG2
Régulateur de vitesse pour mini-perçeuse	101.8613	216,00 F	②	RG4
ELEX n° 5				
Amplificateur de poche "CANARI"	101.8610	36,50 F	①	RG2
Variateur de vitesse pour caméra	101.8614	85,00 F	①	RG2
Alimentation universelle	101.8615	184,00 F	②	RG4
Traceur de courbes pour transistors	101.8616	25,00 F	⑥	20M
Relais temporisé	101.8617	68,00 F	①	–
Touche à effleurement	101.8618	52,50 F	②	RG3
Testeur de diodes Zener	101.8619	59,00 F	①	RG2
ELEX n° 6				
Corne de brume pour modélisme	101.8620	32,00 F	①	RG1
Photomètre électronique	101.8621	53,00 F	①	RG2
Feux de stationnement	101.8622	62,00 F	①	RG1
Mini-alarme	101.8623	29,00 F	①	RG1
Balisage automatique	101.8624	29,00 F	①	RG1
Bruiteur "DIESEL" pour modélisme	101.8625	26,00 F	①	RG1
ELEX n° 7				
Indicateur de gel	101.8626	28,00 F	①	RG1
Sirène (avec H.P.)	101.8627	75,00 F	①	RG4
Lampe de poche pour labo photo (avec boîtier HEILAND)	101.8608	58,00 F	①	
ELEX n° 8				
Ampli pour micro	101.8651	30,00 F	①	RG2
Régulation train électrique (avec coffret pupitre ESM)	101.8652	248,00 F	②	
Ampli "POUCHE-POULE" (avec H.P.)	101.8654	35,00 F	①	RG2
Métronome (avec H.P.)	101.8655	43,00 F	①	RG2
ELEX n° 9				
Alim. 12V / 3A (avec radiateur)	101.8656	275,00 F	①	EB21/08
Inter à claques	101.8657	70,00 F	②	RG3
Circuit de montages pour train (avec alim.)	101.8658	210,00 F	②	RG3
ELEX n°10				
Jeu d'adresse (avec alim.)	101.8659	138,00 F	②	–
Amplificateur d'antenne FM (avec alim.)	101.8660	152,00 F	②	RG3
Mesureur de champ	101.8661	79,00 F	①	RG2
Récepteur G.O.	101.8662	66,00 F	①	–
Adaptateur Fréquencemètre	101.8663	87,00 F	①	RG2
Gong à 3 notes	101.8664	85,00 F	①	RG2

PRIX PAR QUANTITE, NOUS CONSULTER

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

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

- RG1	103.7640	23,00 F	- 20 M	103.2283	18,20 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			

CATALOGUE GÉNÉRAL
Expédition FRANCO contre 15 F en timbres-poste

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

PDF Page Organizer - Foxit Software

2 - Ci-joint ma demande d'abonnement

Merci d'avance.

Jean-Pierre Jolas
57140 WOIPPY

Le rôle de l'oscilloscope dans nos articles et dans la pratique de l'électronique en amateur telle que nous la concevons est de ***montrer*** *ce qui se passe et qu'on a du mal à imaginer. Comme les montages que nous proposons remplissent leur rôle didactique, que ce soit en B.F. ou en logique, sans faire appel à de très hautes fréquences, n'importe quel oscilloscope convient. Il y a eu sur le marché un modèle de fabrication soviétique à très bas prix avec des caractéristiques amplement suffisantes : bande passante de 10 MHz, monovoie, sensibilité de 10 mV par carreau, balayage relaxé ou déclenché. Cet énoncé de caractéristiques est peut-être un peu hermétique, mais tout s'éclaircira après les articles à venir sur l'oscilloscope. Ce genre d'appareil minimal est très utile : il force, vu sa rusticité, l'utilisateur à bien comprendre ce qu'il fait et l'oblige à trouver des astuces pour suppléer la deuxième voie manquante au moyen de l'entrée de synchronisation. Au sortir de cette école, vous saurez transformer en oscilloscope à trois voies les deux voies standard si répandus. Quant au prix, tenez-vous bien : on le trouve encore en Allemagne pour l'équivalent en monnaie indigène de quelque 1200 (mille deux cents, vous avez bien lu !) francs français, avec ses deux sondes. C'est le prix "plancher", et il n'y a pratiquement pas de limite supérieure. Nos annonceurs proposent pour deux à trois fois ce prix des appareils à deux voies autrement perfectionnés et confortables d'emploi.*

[. . .]pour Service Technique

Serait-il possible d'adjoindre une amplification au montage "distributeur d'antenne TV" décrit dans le n°6 p 31 d'ELEX.
J'ai en effet branché en // 3 prises d'antenne avec le défaut mentionné en début d'article.

avec mes remerciements

Paul BAILLY
94150 RUNGIS

La réponse se trouve à la page 20 de ce numéro, sous la forme d'un amplificateur d'antenne TV. Si on vous dit que cet amplificateur a été étudié spécialement pour vous et que le prototype, les tests, L'article, les photos etc ont été réalisés dans la semaine qui s'est écoulée entre la réception de votre lettre et le départ chez L'imprimeur, le croirez-vous ? Non ? Vous avez raison. En fait vous n'êtes pas le seul et surtout pas le premier à nous demander ce genre de montage. Continuez de nous faire part de vos souhaits, mais sachez que la mise au point d'un montage reproductible prend du temps et qu'il y aura toujours un décalage.

Coup de savate
Amplificateur pouche-poule.
Le circuit (figure 2)
Rien compris. Explications fort embrouillées. Lorsque vous expliquez, ne faites pas comme un télégramme.
(Détaillez ! Merci)

Coup de chapeau
Un étage BF
Alors là bravo ! Explications très claires et détaillées.
Continuez comme ça

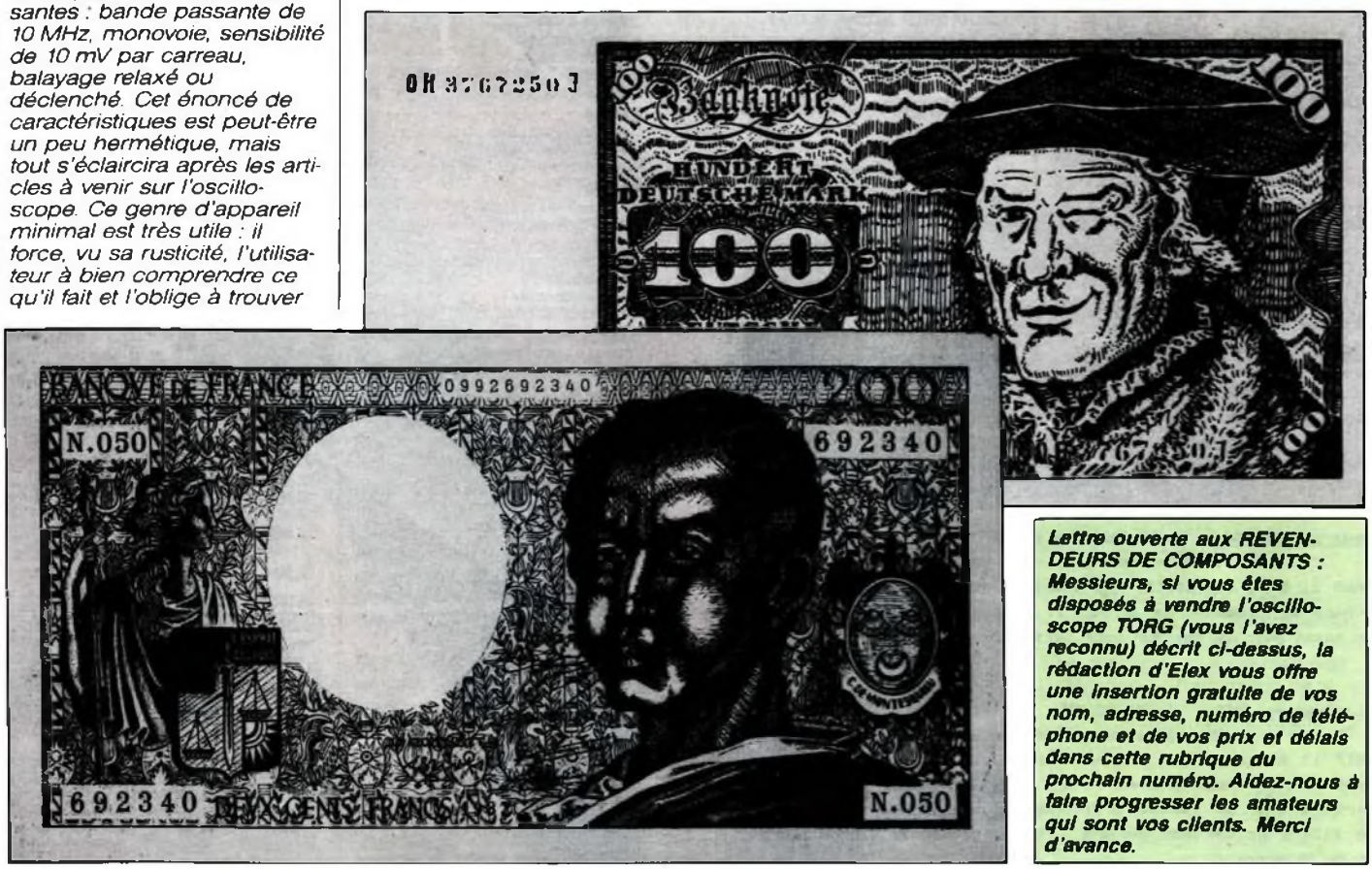
Jean-Pierre Robert
7060 STRÉPY BELGIQUE

Ouille ! Merci.

Coup de chapeau
Régulateur de vitesse pour trainsTrès bonne idée bravo

Coup de savate
Régulateur de vitesse pour trains
A 12 volts, 1 A insuffisant
Vmini ± 18 V I = 3 ou 4 locos 3 à 4 A

J-J Mayor
CH Lausanne



Lettre ouverte aux REVENDEURS DE COMPOSANTS : Messieurs, si vous êtes disposés à vendre l'oscilloscope TORG (vous l'avez reconnu) décrit ci-dessus, la rédaction d'Elex vous offre une insertion gratuite de vos nom, adresse, numéro de téléphone et de vos prix et délais dans cette rubrique du prochain numéro. Aidez-nous à faire progresser les amateurs qui sont vos clients. Merci d'avance.

PDF Page Organizer - Foxit Software

déguisez votre multimètre en fréquencemètre

Lecteurs d'Elex, vous savez ce qu'est un multimètre. Vous en connaissez les gammes de mesure ordinaires : tensions, courants (en alternatif et en continu) et résistances. Certains fabricants et beaucoup d'utilisateurs appellent cela un **contrôleur universel**. C'est qu'en effet un tel contrôleur permet de mesurer bien d'autres grandeurs que celles que nous venons de citer. Vos modestes moyens d'amateur et de débutant ne vous ont sans doute pas encore permis l'acquisition d'un de ces laboratoires complets qui tout en tenant dans la main mesurent aussi la fréquence, le gain des transistors, font encore office de générateurs B.F. et vérifient même l'état des diodes.

Qu'à cela ne tienne. Voici le module fréquencemètre pour multimètre que vous propose ELEX. La mesure des fréquences dans le domaine audio (jusqu'à 20 kHz), d'un intérêt incontestable, est possible avec le multimètre tout simple dont vous vous êtes équipé pour démarrer. Il suffit du petit accessoire que nous allons décrire et dont la fonction est de transformer une fréquence en une tension continue.

Principe

1. limiter l'amplitude du signal dont il faut mesurer la fréquence
2. transformer les passages par 0 du signal alternatif par autant d'impulsions très brèves; plus les passages par 0 sont fréquents, plus les impulsions seront rapprochées
3. appliquer les impulsions au voltmètre dont l'aiguille n'arrive pas à suivre, mais dont la déviation est proportionnelle à la fréquence du signal alternatif.

Le circuit en gros

Les signaux alternatifs dont on veut mesurer la fréquence sont de forme et d'amplitude quelconques, et pas seulement dans le domaine audio. La mesure de la fréquence de ces signaux ne sera possible qu'après une mise en forme préalable.

Sachant que l'amplitude peut varier de quelques millivolts à plusieurs dizaines de volts. Les tâches du circuit de mise en forme sont faciles à définir :
- selon le cas, limitation ou amplification de l'amplitude du signal à mesurer
- modification de la forme du signal à mesurer pour la rendre utilisable par le multimètre.

Le circuit représenté en **figure 2** remplit ces deux tâches. Le signal à mesurer parvient par R1, C1, C2 à l'entrée non-inverseuse (broche 3) de l'amplificateur opérationnel IC1. Cet amplificateur, monté sans résistance de réinjection du signal de sortie à l'entrée (il n'y a ni réaction ni contre-réaction mais une **boucle ouverte**) fournit en sortie (broche 6) une tension rectangulaire de fréquence identique à celle du signal d'entrée. L'amplitude de cette tension de sortie rectangulaire n'est limitée que par la tension d'alimentation. Nous avons donc obtenu une tension d'**amplitude constante**, premier point de notre cahier des charges.

Le deuxième point consiste à fournir au multimètre une tension continue qui soit **proportionnelle** à la fréquence du signal d'entrée. Ce rôle est dévolu à IC2 et aux quelques composants qui l'entourent. Ce circuit intégré, de type 555, est un habitué de nos colonnes. L'usage que nous en faisons ici est celui d'un monostable, fonction banale. Il sera déclenché par les fronts descendants (c'est-à-dire le passage de 9 V à 0 V) du signal rectangulaire que nous venons de fabriquer dans l'étage précédent. Sa sortie (broche 3) présente à chaque déclenchement une impulsion de durée calibrée (= fixe) que nous utiliserons pour commander le multimètre; nous verrons comment dans le paragraphe consacré à l'intégrateur.

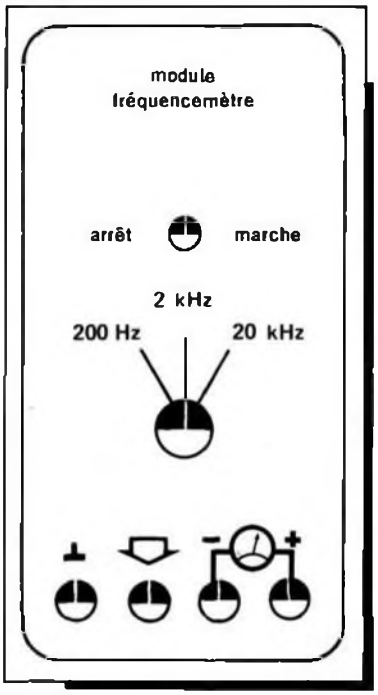


Figure 1 - Notre suggestion pour la face avant de votre fréquencemètre. Il convient de bien repérer la polarité des bornes du multimètre.

Le circuit en détail

Le **comparateur** est le montage construit autour d'IC1 et repris par la **figure 3**. Il compare la tension de l'entrée inverseuse à celle de l'entrée non-inverseuse (broches 2 et 3).
La diode D1 et la résistance R1 écrêtent le signal d'entrée : elles limitent son amplitude à quelque 0,6 V. La diode D2 limite à −0,6 V les tensions négatives qui peuvent être appliquées à l'entrée d'IC1.

La tension de l'entrée inverseuse est fixée à la moitié de la tension d'alimentation par le diviseur R4/R3. L'impédance des deux entrées est telle qu'on peut les considérer comme court-circuitées par la résistance pourtant importante de R2.

PDF Page Organizer - Foxit Software

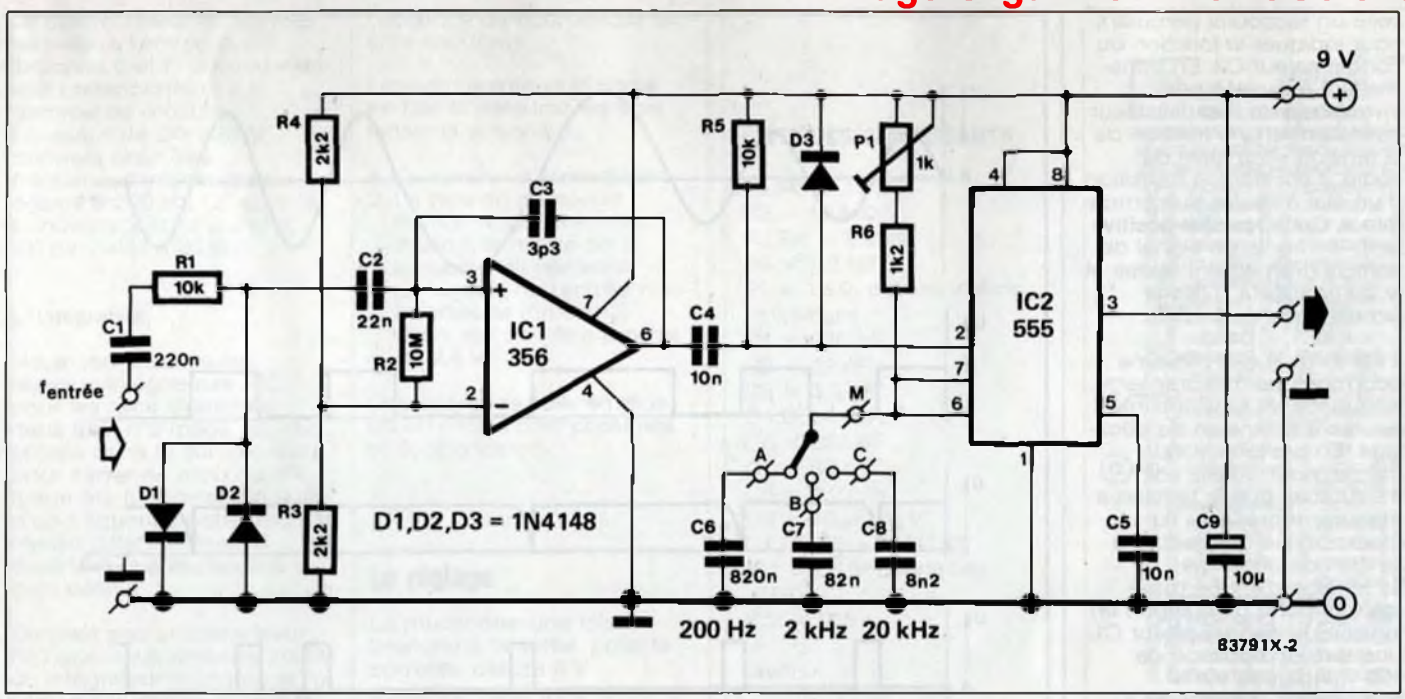


Figure 2 - Il suffit de deux circuits intégrés et de quelques composants pour réaliser notre module de conversion fréquence-tension. La précision dans les gammes 2 kHz et 20 kHz dépend de la précision des condensateurs C7 et C8. L'entrée supporte des tensions alternatives de quelque 60 V, que vous ne rencontrerez que sur des amplis B.F. de 100 W et plus. Vous aurez alors l'astuce de faire votre mesure de fréquence à un autre point du circuit, comme la sortie du préamplificateur.

L'offset est une infirmité congénitale

En l'absence de signal, la sortie de l'amplificateur opérationnel (broche 6) reste soit à zéro, soit au potentiel de l'alimentation. C'est le signe de la tension de **décalage** des entrées (*offset* outre-Manche) qui détermine laquelle de ces deux valeurs extrêmes prend la sortie.

La tension de décalage est une sorte d'infirmité congénitale des amplificateurs opérationnels. La théorie voudrait que pour une même tension appliquée aux deux entrées, la sortie soit à zéro. Du fait de dissymétries dans la fabrication des *puces*, l'égalité de tension des deux entrées a pour résultat une tension de sortie différente de zéro. *Tout se passe comme si* l'amplificateur avait **vu** une différence de tension et l'avait multipliée.

C'est cette tension vue à l'entrée qu'on appelle tension de décalage. La tension de sortie correspondante varie en fonction du gain du montage : depuis le gain **unité** du suiveur de tension jusqu'au gain en boucle ouverte, théoriquement infini.

Un amplificateur opérationnel sera jugé d'autant meilleur que sa tension de décalage en entrée sera plus faible.

Dans notre application, le gain n'est limité que par les caractéristiques de l'amplificateur opérationnel utilisé, puisqu'il n'y a pas de réseau de contre-réaction. La sortie prendra donc toujours une de ces valeurs extrêmes : 0 V ou 9 V.

Voilà pour l'état du comparateur en l'absence de signal. Dès qu'un signal alternatif est présent à l'entrée du montage, il provoque le basculement de la sortie entre zéro et la tension d'alimentation, puisque la tension de l'entrée non-inverseuse est alternativement supérieure et inférieure à celle de l'entrée inverseuse.

La pompe de reprise

Comparer un condensateur à une pompe de reprise,

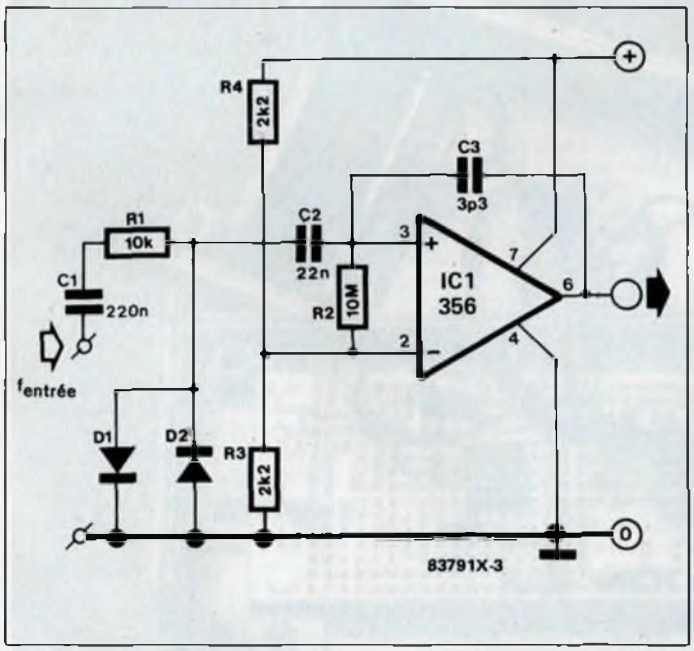


Figure 3 - Le premier sous-ensemble est un comparateur. Il accepte en entrée un signal alternatif de forme quelconque, dans une grande plage d'amplitude. Il fournit en sortie un front raide à chaque passage à zéro de la tension d'entrée.

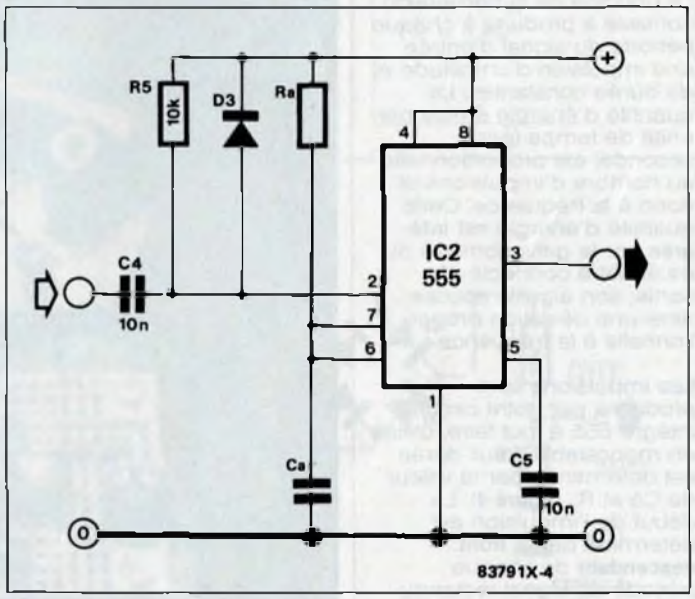


*Figure 4 - Le multivibrateur monostable délivre une impulsion à chaque sollicitation de son entrée de déclenchement, puis reprend sa position de repos, **stable**. La durée, ou **pseudo-période**, de l'impulsion de sortie ne dépend pas de celle de l'impulsion d'entrée, mais seulement de la valeur des composants R_a et C_a.*

PDF Page Organizer - Foxit Software

voilà un raccourci percutant pour indiquer la fonction du condensateur C3. En transmettant à l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel une fraction de la tension alternative de sortie, il accélère la transition d'un état à l'autre du comparateur. Cette **réaction positive** rend les fronts du signal de sortie extrêmement raides et le comparateur n'hésite jamais entre deux états.

Il est évident que nous ne pourrons pas mesurer la fréquence de tensions inférieures à la tension de décalage. En pratique, il faut même, pour qu'elle soit mesurable, que la tension à mesurer représente au moins trois à quatre fois la tension de décalage.
La tension d'entrée maximale dépend de la tenue en tension du condensateur C1. Une tension continue de 100 V, indiquée sur le composant correspond à une tension de service de quelque 60 V alternatifs. Vous ne risquez guère de rencontrer des tensions supérieures dans le domaine B.F.

Nous avons déjà franchi un grand pas, puisque nous disposons maintenant en sortie du comparateur (broche 6) d'un signal rectangulaire de fréquence égale à celle du signal d'entrée et d'amplitude indépendante de celle de l'entrée. Il nous reste à convertir ce signal mis en forme en une tension continue proportionnelle à la fréquence.

La conversion fréquence-tension

Le principe de la conversion consiste à produire à chaque période du signal d'entrée une impulsion d'amplitude et de durée constantes. La quantité d'énergie émise par unité de temps (par seconde) est proportionnelle au nombre d'impulsions et donc à la fréquence. Cette quantité d'énergie est **intégrée** par le galvanomètre du multimètre connecté en sortie; son aiguille accuse ainsi une déviation proportionnelle à la fréquence.

Les impulsions sont produites par notre circuit intégré 555 à tout faire, utilisé en monostable. Leur durée est déterminée par la valeur de Ca et R_a (**figure 4**). Le début de l'impulsion est déterminé par le **front descendant** de chaque période du signal rectangulaire présenté à l'entrée (broche 2).

Il est important que ces impulsions de déclenchement soient plus courtes que l'impulsion de sortie du monostable. Dans le cas contraire, elles redéclencheraient le monostable et la lecture de fréquence serait fausse. C'est le rôle du réseau **dérivateur** R5/C4 que de fournir à l'entrée de déclenchement une impulsion brève à chaque front descendant du signal rectangulaire délivré par le comparateur (**figure 5**).

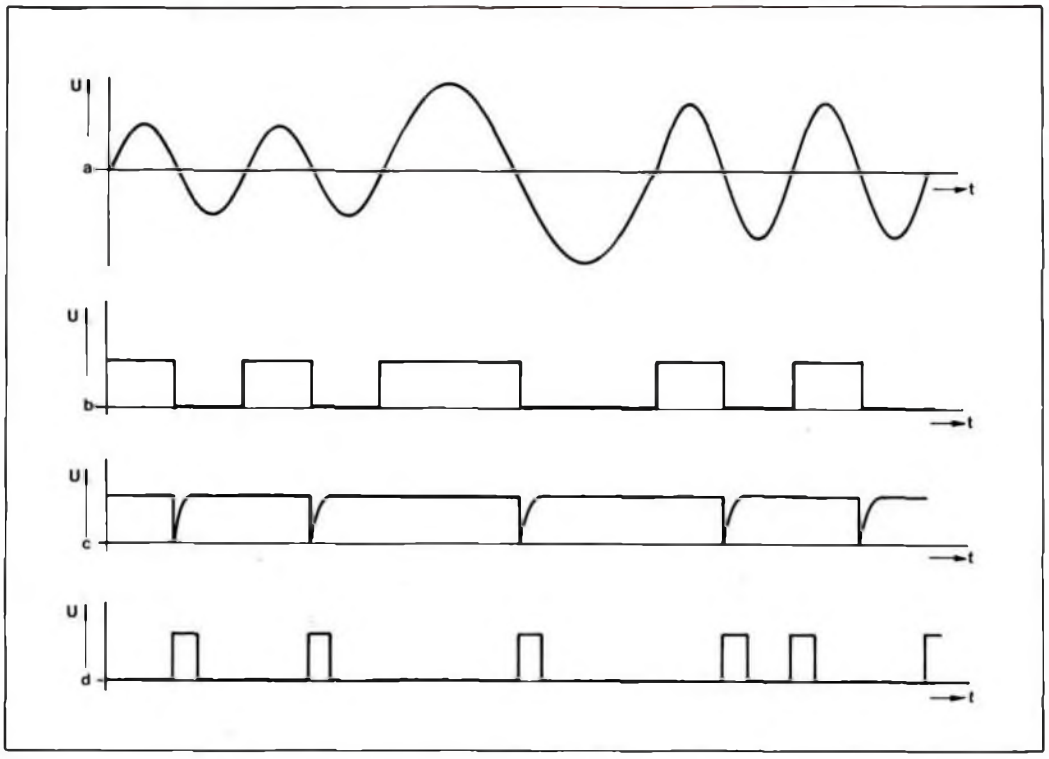
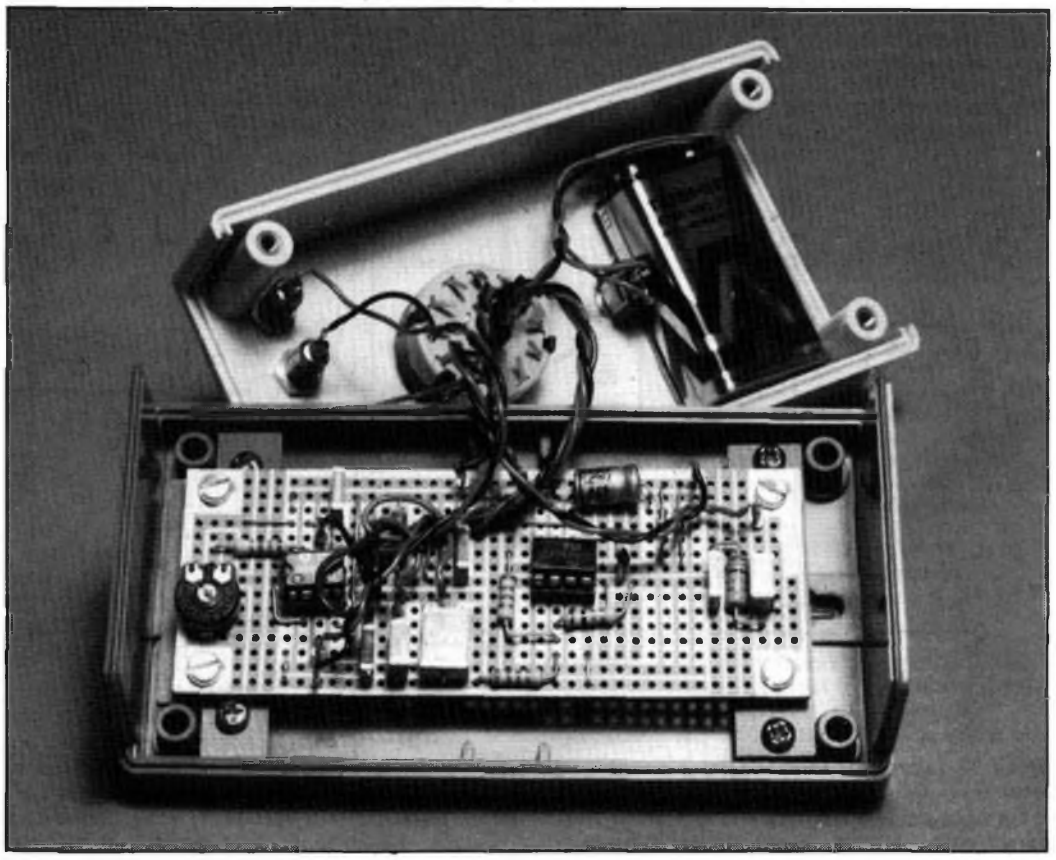


Figure 5 - Le diagramme a représente le signal d'entrée. Le diagramme b représente la sortie du comparateur; les fronts rendent compte des passages à zéro de la tension d'entrée. Le circuit dérivateur produit à chaque front descendant une impulsion extrêmement brève (c).
C'est en d qu'apparait la tension continue pulsée –mais oui !– que le multimètre aura à mesurer.

Trois gammes de mesure

Comme d'autre part les impulsions de sortie du monostable doivent être plus courtes que la période du signal d'entrée de fréquence maximale, leur durée est ajustable en trois gammes. C'est ce qui explique que le condensateur C_a de la figure 4 soit représenté par les condensateurs C6 à C8 sur le schéma de la figure 2.

La résistance théorique R_a de la figure 4 prend la forme pratique d'une résistance variable P1 en série avec le talon R6. Le talon évite que la valeur de R_a s'annule, ce qui pourrait avoir des conséquences fâcheuses sur la vie du circuit intégré.



PDF Page Organizer - Foxit Software

Le commutateur S1 permet de relier à l'entrée d'IC2 (broches 6 et 7) le condensateur correspondant à la gamme de mesure.
La valeur de C6, 820 nF, convient pour des fréquences inférieures ou égales à 200 Hz, C7 pour la bande de 200 Hz à 2 kHz, C8 de 2 kHz à 20 kHz.

L'intégrateur

Nous connaissons les réseaux intégrateurs R/C pour les avoir examinés dans Elex n°8 (page 16), ou utilisés dans le compte-tours *pour frimer en mob* du n°4 (page 51). Il s'agissait là aussi d'un fréquencemètre, mais réalisé différemment, et destiné à une application bien définie.

Ce n'est pas un intégrateur R/C que nous utilisons, mais un intégrateur mécanique : l'équipage mobile du galvanomètre présente une inertie telle qu'il ne peut pas suivre les variations de tension de la sortie de notre adaptateur. Il va donc se stabiliser sur une valeur moyenne et réaliser l'intégration dont nous avions besoin.

La réalisation

Le montage tient sur une platine d'expérimentation Elex de format 1. Le montage (**figure 6**) est assez aéré pour ne pas poser de problème particulier. Respectez l'ordre *établi* : ponts en fil, résistances, condensateurs, et enfin circuits intégrés. Choisissez des circuits intégrés en boîtier plastique et montez-les dans des supports en veillant à les orienter correctement (leur broche 1 doit être orientée vers le potentiomètre P1). Respectez aussi la polarité des diodes, surtout D3.

Le raccordement des organes extérieurs, les douilles d'entrée et de sortie, l'alimentation et l'interrupteur S1, se fera de préférence avec des picots à souder. Il en faudrait donc une dizaine.

Une pile compacte de 9 V suffit à l'alimentation. Vous la raccorderez par un coupleur de pile à pression, en interposant l'interrupteur marche-arrêt dans la ligne positive.

Vérifications

Avant la mise sous tension, procédez à une inspection minutieuse des deux faces de la platine. Vérifiez la position et l'orientation de tous les composants, des ponts de câblage; vérifiez l'absence de court-circuit du côté soudures.

Laissez l'entrée et la sortie en l'air et mesurez les trois tensions suivantes :

1. La tension d'alimentation
2. La tension au noeud R2/R3/R4, qui doit être égale à la moitié de la tension d'alimentation
3. La tension de l'entrée non-inverseuse (broche 3) d'IC1, qui doit être proche de 2,4 V.

Des écarts de 10% en plus ou en moins sont possibles et supportables.

Le réglage

Le multimètre une fois branché à la sortie, polarité correcte, calibre 3 V continus, nous aurons besoin d'un signal de fréquence connue pour étalonner notre fréquencemètre.

Si vous disposez d'un générateur B.F. étalonné, le problème est résolu, mais comme ce n'est pas le cas de la majorité de nos lecteurs, voici une solution accessible à tous : le circuit représenté en **figure 8**. Il s'agit d'un petit générateur à fréquence et à amplitude fixes. N'importe quel petit transformateur dont la tension de sortie est comprise entre 3 et 12 V convient. Un pont de redressement, moulé ou constitué de quatre diodes, permet d'obtenir en sortie une tension continue pulsée à 100 Hz. Le diviseur R1/R2 limite l'amplitude de ce signal de référence.

Outillés comme vous voilà, il vous reste à placer S1 sur la gamme 200 Hz et à régler P1 pour lire 1,5 V sur le multimètre. Cette lecture correspond au milieu de l'échelle de 3 V qui représente les 200 Hz. Bien entendu, si votre multimètre comporte une échelle 2 V, vous règlerez P1 de façon à lire 1 V pour 200 Hz.

Pratique

Comme vous comptez faire un usage **fréquent** de ce petit adaptateur, la mise en boîtier s'impose. Vous avez le choix entre différents modèles en matière plastique, comme celui de notre prototype, ou d'autres. C'est une simple question de goût et de disponibilité du moment. Une face avant agencée clairement facilitera l'utilisation de votre fréquencemètre.

LISTE DES COMPOSANTS

R1,R5 = 10 kΩ
R2 = 10 MΩ
R3,R4 = 2,2 kΩ
R6 = 1,2 kΩ
P1 = 1 kΩ, potentiomètre miniature
C1 = 220 nF
C2 = 22 nF
C3 = 3,3 pF
C4,C5 = 10 nF
C6 = 820 nF
C7 = 82 nF
C8 = 8,2 nF
C9 = 10 µF/16 V
D1,D2,D3 = 1N4148
IC1 = LF 356 (entrées *FET*)
IC2 = 555

Divers

S1 = commutateur à 1 circuit et 3 positions
1 pile compacte de 9 V
1 coupleur de pile à pression
1 interrupteur marche-arrêt
1 platine d'expérimentation Elex de format 1
10 picots à souder, éventuellement 10 cosses à enficher
1 support de pile
1 boîtier
1 bouton pour le commutateur
4 douilles banane de 4 mm (deux rouges et deux noires)
fil de câblage isolé et petits accessoires

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

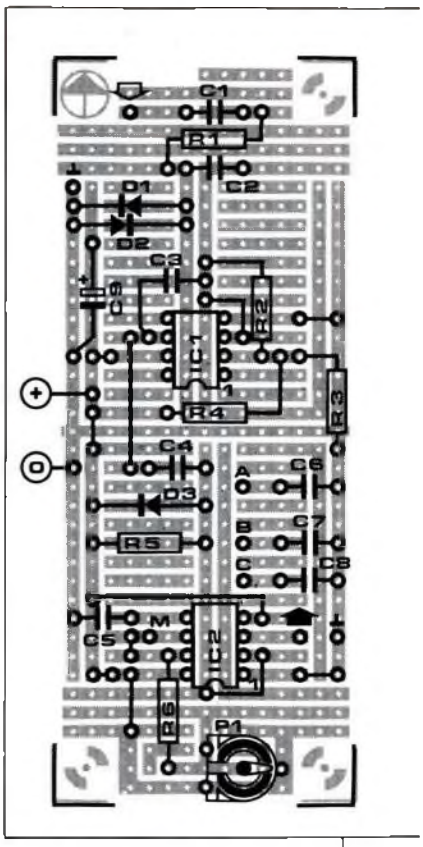


Figure 6 - Les seuls points importants sont l'orientation des circuits intégrés et la polarité des diodes et du condensateur.

LISTE DES COMPOSANTS DE LA FIGURE 8

1 transfo de sonnette (220/3 V à 220/12 V)
4 diodes du genre 1N4001
R1 = 15 kΩ
R2 = 1 kΩ

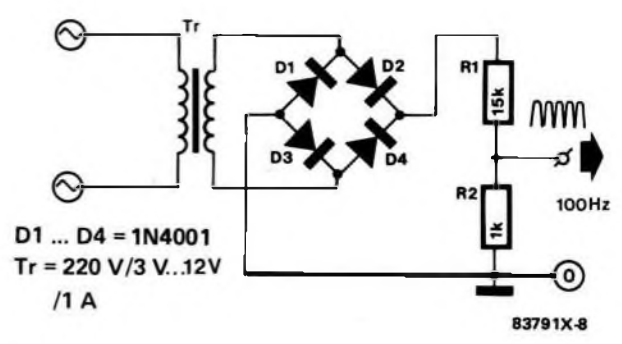


Figure 7 - Voilà un petit montage sans problème de réalisation, facile à loger et qui rendra de grands services.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Flash esclave

Les prises de vue au flash sont rarement les meilleures, surtout chez les photographes amateurs, parce que très souvent le manque ou l'excès de contraste, les zones mal éclairées et les ombres portées les rendent peu agréables à regarder. Les résultats sont souvent meilleurs en revanche quand un deuxième flash, synchronisé avec le premier mais disposé autrement, peut apporter un éclairage complémentaire.

Notre montage permet de déclencher un deuxième flash électronique à distance, sans fil et sans avoir à modifier ni le flash ni l'appareil photo. **Le flash esclave se déclenche automatiquement quand il reçoit la lumière du flash maître.** Vous pouvez ainsi prendre des photos avec des sources de lumière multiples en multipliant le nombre des flashs asservis, sans pour autant risquer de vous prendre les pieds dans les fils.

Un montage destiné à la photographie dans ce numéro sur les hautes fréquences ? Comme un seveu sur la choupe, direz-vous !
Pas vraiment, car voyez-vous, si les hautes fréquences nous intéressent, c'est comme vecteur d'informations. Rési et Transi nous ont raconté dans la bande dessinée en couleurs du numéro 7 d'ELEX qu'elles servent surtout à **transporter**, et souvent très loin, des informations de toute nature : les ondes électromagnétiques sont porteuses de signaux de parole, de musique, ou encore de signes radio-télégraphiques (RTTY).

La lumière est aussi un phénomène vibratoire, et à très haute fréquence, puisque la longueur d'onde du spectre visible se mesure en centaines de nanomètres (10^{-9} m, millionième de millimètre). Et la lumière peut aussi être un vecteur d'information : notre montage utilise les ondes lumineuses émises par le flash principal pour commander le déclenchement d'un ou plusieurs flashs asservis. C'est un ordre tout simple, mais un ordre quand même. En fait de montage, il ne s'agit ici que du récepteur, puisque l'émetteur existe déjà sous la forme du flash principal.

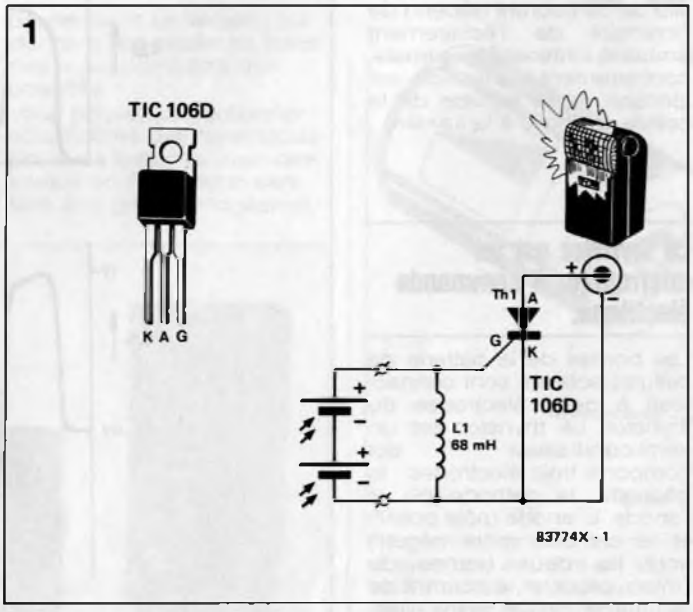


Figure 1 - A la réception d'une impulsion lumineuse, les cellules solaires délivrent l'impulsion électrique nécessaire au déclenchement du flash esclave. Des cellules de trop grande dimension présenteraient le risque de déclenchements intempestifs par grand soleil.

Le circuit

C'est le schéma de la **figure 1** qui se présente dans toute sa simplicité devant vos yeux éblouis : il ne faut rien de plus que deux cellules solaires, une bobine et un thyristor. Ce montage est plus simple que tout ce que vous pouvez trouver tout fait dans le commerce ou décrit dans d'autres revues ou livres. Non seulement il est extrêmement simple, mais en plus il se passe de toute source d'alimentation. L'énergie nécessaire lui est apportée par la lumière du flash maître. Ce sont les deux cellules solaires montées en série qui fournissent l'impulsion électrique de déclenchement lorsqu'elles reçoivent l'impulsion lumineuse du flash maître.

Le courant produit par les cellules alimente la gâchette du thyristor Th1. Il s'agit là d'un thyristor sensible, qui s'amorce et déclenche le flash esclave connecté aux bornes de sortie du montage.

La bobine L1 est connectée en parallèle sur la jonction gâchette-cathode pour que le montage ne réagisse qu'à des impulsions et non à des variations lentes de l'intensité lumineuse, comme la tombée de la nuit ou le lever du jour. C'est encore la notion de temps qui importe ici. **La tension aux bornes d'une bobine dépend de la vitesse de**

PDF Page Organizer - Foxit Software

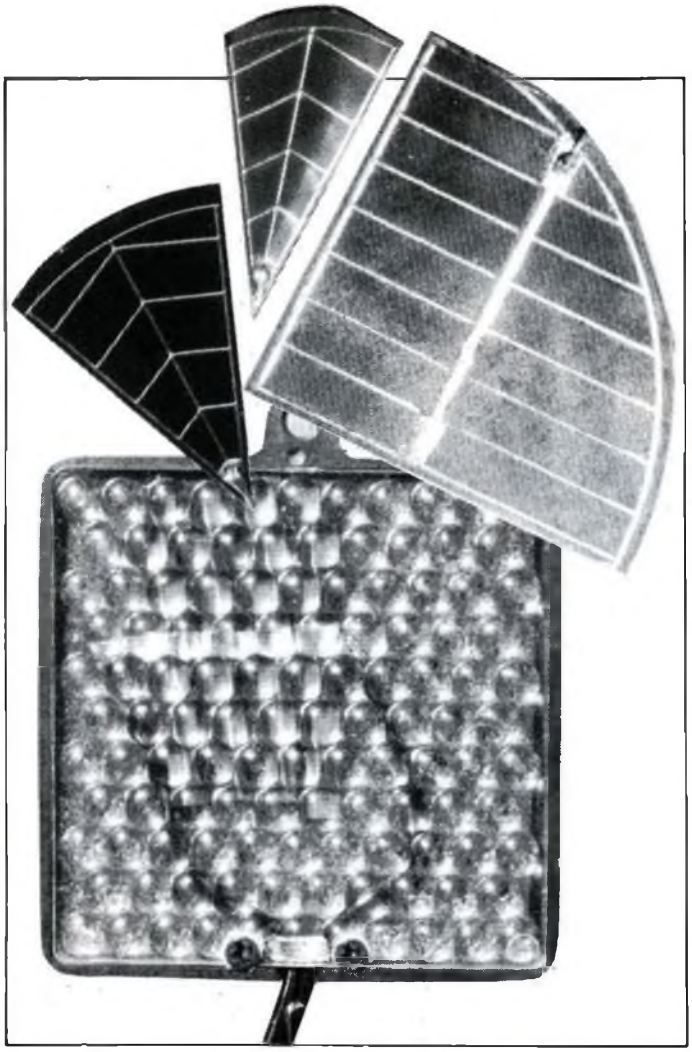


Figure 2 - Les cellules solaires se présentent sous des formes et dans des dimensions diverses. Elles produisent toutes la même tension, mais le courant qu'elles sont capables de fournir est une fonction directe de leur surface.

variation de l'intensité du courant qui la traverse. Si la vitesse de variation de l'intensité est faible, la tension n'atteindra pas le seuil de 1 V nécessaire pour provoquer un courant entre gâchette et cathode du thyristor.

La cellule solaire est un convertisseur lumière-courant

La **figure 2** montre des cellules solaires de différentes formes et tailles. Le côté sensible à la lumière est reconnaissable aux bandes conductrices, alors que le dos est uniformément métallique. La fabrication des cellules solaires est très simple, comme l'illustre la **figure 3a**. Le matériau est une tranche de silicium cristallin, dont la fabrication ressemble à celle des diodes. Le côté des bandes conductrices est le pôle négatif, le côté métallique est le pôle positif.

Lorsque l'éclairement est suffisant, la tension disponible aux bornes est de 400 à 500 mV (millivolts), quelles que soient la forme et les dimensions de la cellule. Cette pile solaire a le même symbole qu'une pile ou un accumulateur chimique; les flèches de la **figure 3b** indiquent la sensibilité à la lumière.

La cellule solaire délivre du courant si elle est connectée à une charge résistive. L'intensité de ce courant dépend de l'intensité de l'éclairement ambiant; l'intensité maximale, contrairement à la tension, est fonction de la surface de la cellule exposée à la lumière.

Le thyristor est un interrupteur à commande électrique.

Les bornes de la batterie de cellules solaires sont connectées à deux électrodes du thyristor. Le thyristor est un semi-conducteur qui comporte trois électrodes : la gâchette, la cathode (K) et l'anode. L'anode (pôle positif) et la cathode (pôle négatif) sont les deux bornes de l'interrupteur, et le courant de la charge circule entre elles. Au repos, c'est-à-dire sans impulsion de commande sur la gâchette, l'interrupteur est ouvert, l'impédance est quasiment infinie entre anode et cathode, et aucun courant ne circule. La charge connectée n'est pas alimentée.

Pour que le courant puisse circuler, il faut que le thyristor soit **amorcé**. L'amorçage ou déclenchement est provoqué par une impulsion de courant circulant de la gâchette (+) vers la cathode (−). L'interrupteur une fois fermé, il le reste aussi longtemps que l'intensité du courant qui le traverse est égale ou supérieure à une valeur limite qu'on appelle **courant de maintien**. Dans le cas du flash électronique, le déclenchement se produit par la décharge d'un condensateur. Le courant qui traverse le thyristor s'annulera donc dès que le condensateur sera déchargé.

Le diagramme de la **figure 4b** montre l'évolution de la tension sur la gâchette du thyristor en fonction de l'éclairement de la cellule par le flash maître.

La quantité de lumière E_M projetée par le flash maître sur la cellule est transformée en une tension U_{GK} appliquée à l'électrode de commande du thyristor. Les deux cellules en série produisent une tension d'environ 1 V, qui suffit à l'amorçage du thyristor.

La bobine n'autorise l'amorçage que dans le cas d'une variation rapide de l'éclairement

Le rôle de la bobine est important dans ce montage : sans elle un éclairement normal de la cellule provoquerait un courant suffisant pour

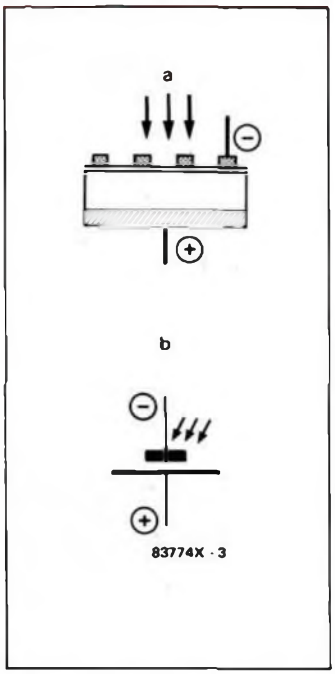


Figure 3 - Le symbole de la cellule solaire ressemble à celui d'une pile et rend bien compte du mode de fabrication.

Le henry (H) unité d'inductance, représente une bobine énorme. Le sous-multiple le plus utilisé dans les applications à basse fréquence sera le millihenry (mH); dans les applications à haute fréquence comme la radio:, le microhenry (μH).

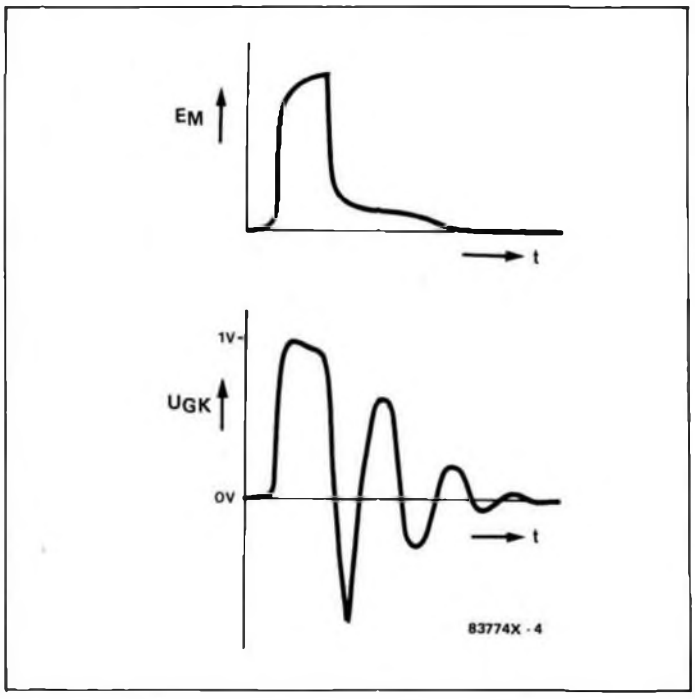


Figure 4 - L'impulsion de lumière produit l'impulsion électrique nécessaire à l'amorçage du thyristor. La bobine produit des variations de la tension qui n'ont plus d'importance après le déclenchement du flash.

PDF Page Organizer - Foxit Software

amorcer le thyristor en permanence et le condensateur du flash esclave ne pourrait jamais se charger. Dans les conditions normales d'éclairement, **la tension produite par les cellules est court-circuitée par la faible résistance ohmique de la bobine.** Il en va autrement au moment d'une variation brusque de l'éclairement, par exemple au moment de l'éclair du flash maître. Le flash provoque une croissance brusque de la tension de la cellule, mais **l'inductance de la bobine s'oppose à une variation rapide du courant qui la traverse.** La bobine fonctionne en quelque sorte comme un ressort de butée.

Le courant qui ne peut s'écouler à travers la bobine traversera donc la jonction gâchette-cathode du thyristor. Le thyristor est amorcé et le flash esclave se déclenche.

La suite n'a plus d'importance pour le fonctionnement du flash, mais puisque ELEX est un magazine qui se propose d'explorer l'électronique, étudions encore un instant le comportement de la bobine. Un courant a fini par la traverser, mais il est arrivé en retard par rapport à la tension. La bobine se comporte donc vis-à-vis du courant comme un volant dans un montage mécanique : il faut exercer une force (la tension) pendant un certain temps avant que le mouvement (le courant) naisse. Ensuite, alors même que la force a disparu, le volant continue de tourner : il a stocké de l'énergie mécanique. De même, lorsque l'impulsion de tension a disparu, la bobine a tendance à faire circuler encore un courant, car elle s'oppose toujours aux variations brusques d'intensité (comme le volant qui par son inertie s'oppose aux variations brusques de vitesse).

C'est ce courant *retardataire* qui provoque l'inversion de tension visible sur la figure 4b. Ici cette tension négative n'a aucun effet sur la gâchette du thyristor, mais nous avons signalé à plusieurs reprises qu'elle risquait, dans d'autres circonstances et en l'absence de diode de protection, de détruire les semi-conducteurs associés à des charges inductives.

La construction

La platine d'expérimentation ELEX de format 1 ne comporte que le thyristor, la bobine et quatre picots à souder(**figure 5**). La languette métallique du thyristor est dirigée vers la bobine; c'est important pour éviter une inversion des électrodes du thyristor. L'orientation de la bobine n'a pas d'importance.

Les cellules solaires auront chacune quelque 100 mm² de surface. Leur forme, ronde, rectangulaire ou triangulaire, n'a aucune importance. Elles seront connectées en série, comme le seraient des piles ordinaires : le pôle positif (côté métallique) de la première sera connecté au pôle négatif (côté sensible) de la seconde.

Les surfaces indiquées procurent une sensibilité suffisante pour que la portée d'un flash de nombre-guide 28 soit de 20 à 30 mètres. Vous pouvez augmenter la sensibilité en utilisant des cellules de plus grande surface. L'utilisation d'une lentille de concentration permet d'augmenter encore la portée mais oblige à pointer le dispositif très précisément en direction du flash maître.

LISTE DES COMPOSANTS

- L1 = 68 mH (inductance fixe)
- Th1 = TIC 106D (thyristor)
- 2 cellules solaires d'environ 100 mm²; tension nominale 0,45 à 0,5 V; courant nominal de 50 mA ou plus
- 4 picots à souder Ø 1,2 mm
- 1 platine d'expérimentation Elex de format 1
- 1 boîtier
- fil et accessoires de câblage

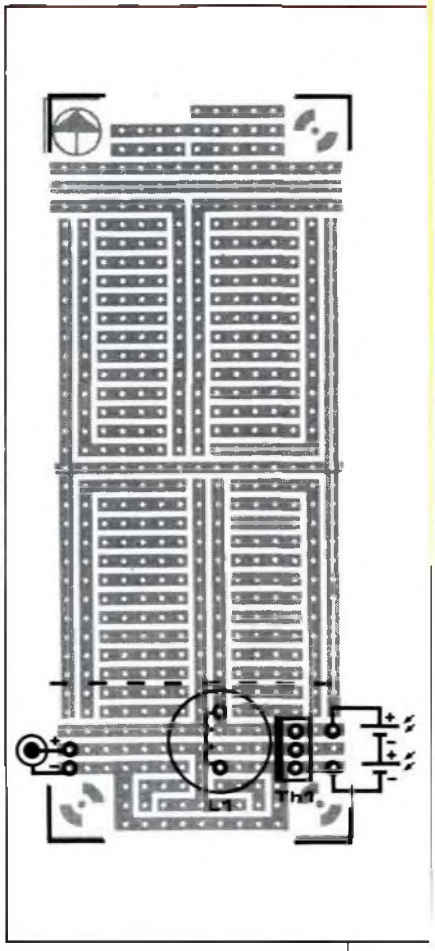
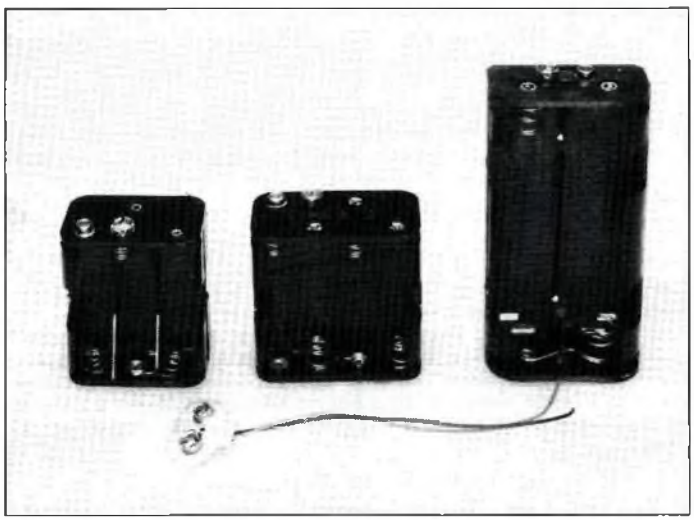


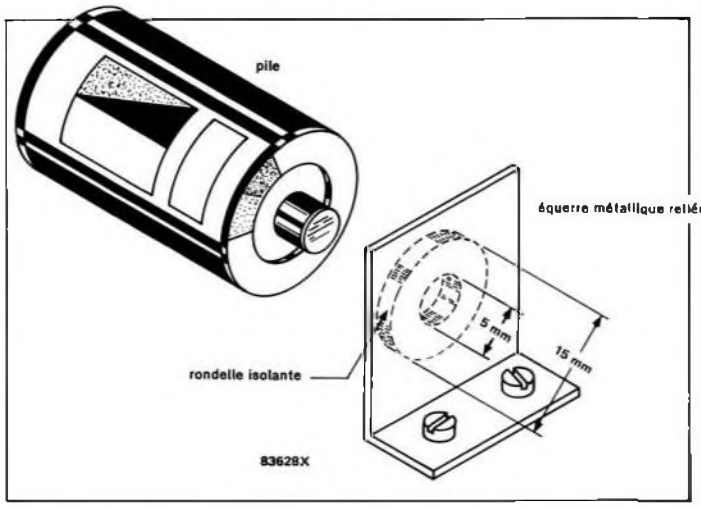
Figure 5 - Un câblage flash. Il vous restera un peu de temps à consacrer à la mise en boîte.

ELEXPERT

Détrompeur pour piles électriques.

On trouve de plus en plus facilement chez les revendeurs de composants des coquilles en matière plastique moulée, munies de connecteurs universels, qui donnent des packs de batteries aussi compacts que possible.
Vous pouvez confectionner vous-même des réceptacles pour vos batteries avec des tuyaux en PVC (rayon sanitaire des grands magasins),





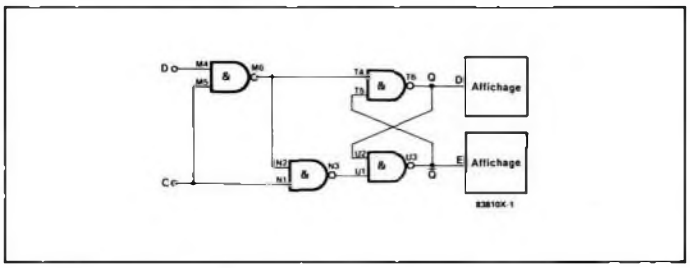
et avec une équerre en alu, vous pouvez y rajouter un détrompeur comme celui qui est représenté ci-contre. Il ne faut donc pas forcément une diode pour protéger un circuit contre l'inversion de polarité des piles. Une simple rondelle de caoutchouc ou de carton suffit, à condition que la perforation centrale ne permette le passage que du téton d'une pile lequel est, on le sait, toujours relié au pôle positif. Les cotes du croquis correspondent aux dimensions d'une petite pile bâton R6.

PDF Page Organizer - Foxit Software

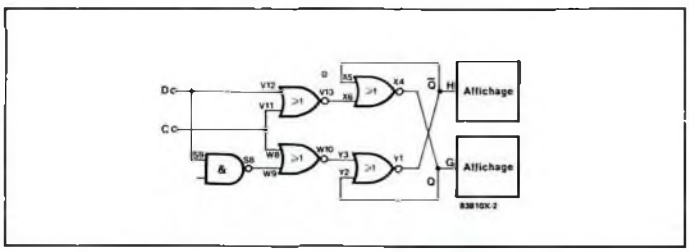
la logique séquentielle sans hic II

3ème partie

Notre premier circuit de logique séquentielle a été la bascule construite à l'aide de deux opérateurs NON-ET. Puis nous sommes passés dès l'épisode suivant de cette rubrique à la bascule de type D, sans la nommer d'ailleurs :



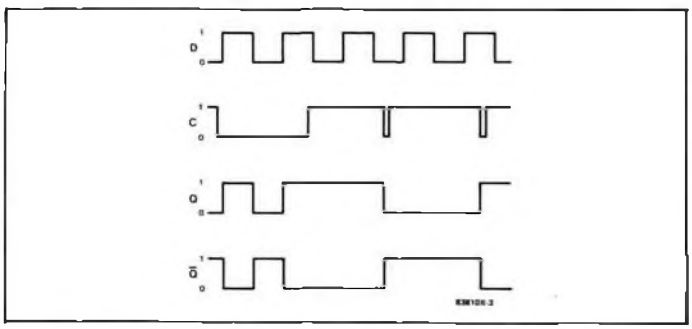
suivie d'une version réalisée avec des opérateurs de type NON-OU que nous avions livrée à votre sagacité à la fin du dernier épisode.



Alors, qu'est-ce que ça donne, cette table de vérité ?

C	D	Q	$\overline{Q}$
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	0 ou 1	1 ou 0
1	1	0 ou 1	1 ou 0

Bien ! Et le chronogramme ?

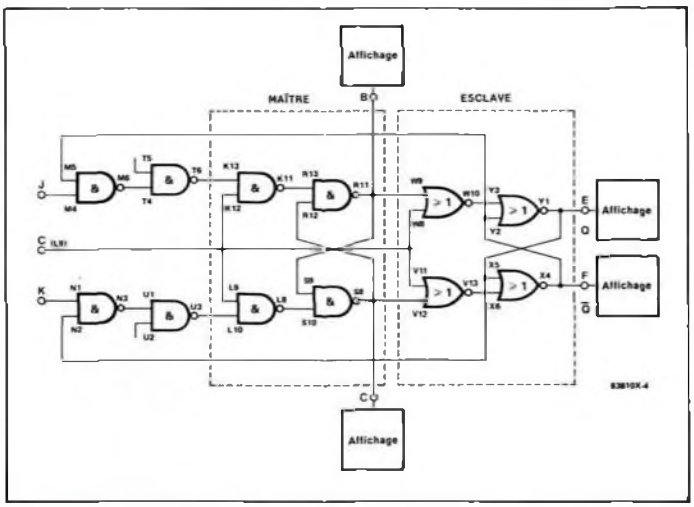


C'est donc juste l'inverse de ce que nous avions vu sur la bascule faite avec des opérateurs NON-ET. Tant que C = 0, la sortie Q **suit** la progression de l'entrée D. Quand C passe à 1, le niveau logique présent sur D à ce moment précis est mis en mémoire sur Q. La commande de mise en mémoire, c'est donc en fait le passage de l'entrée C du niveau 0 au niveau 1. On dit que c'est le flanc ascendant qui est actif. L'entrée C repasse brièvement à 0 deux fois pour revenir aussitôt à 1. Chacun des deux flancs **descendants** sur C provoque **la prise en compte** sur la sortie Q du niveau logique présent à cet instant sur l'entrée D. Chacun des deux flancs **ascendants** sur C provoque **le verrouillage** sur la sortie Q du niveau logique présent à cet instant sur l'entrée D.

Nous venons de franchir un cap important, mais nous ne sommes pas encore au bout de nos peines, car la bascule de type D, pour utile et universelle qu'elle soit, ne permet pas de couvrir tous les besoins; nous avons vu en effet que la bascule D était transparente avant le flanc actif de mémorisation. Nous avions souligné que ses sorties **suivent** l'entrée de donnée. Or il est des situations pratiques dans lesquelles les sorties ne doivent adopter l'état d'une entrée qu'à un instant donné. Si l'on vous demandait de résoudre ce problème, que suggéreriez-vous ?

Procédez en deux temps. . . Il faut d'abord extraire le niveau à mémoriser du flot de données, puis le mémoriser.

Pour cela il est fait appel à une mémoire intermédiaire; cela nous donne la bascule maître-esclave ou JK.



Ça se complique, n'est-ce pas ? Pour monter ce circuit, il va nous falloir tous les opérateurs de la platine DIGILEX.
Les deux mémoires sont encadrées séparément. Il s'agit de deux bascules RS commandées par une entrée C commune. Il est fait appel à quatre dispositifs d'affichage distincts pour mettre en évidence le fonctionnement. Les entrées représentées *en l'air* seront reliées à la ligne d'alimentation positive.

Quand C = 1, les niveaux logiques des entrées J et K sont pris en compte par la première bascule. Le premier flanc descendant intervenant sur C provoque le chargement des informations dans la deuxième bascule. Les afficheurs B et C d'une part et E et F d'autre part montrent comment le circuit réagit aux flancs successifs. La première bascule ne prend pas en compte les niveaux logiques avant le flanc ascendant sur C. La deuxième bascule ne prend en compte que les niveaux logiques que la première bascule lui transmet lors du flanc descendant de C.

Allez y doucement lorsque vous manipulez le pont de câblage par lequel vous appliquez le niveau haut sur C, car si vous provoquez un rebond, la deuxième bascule change d'état si vite après la première que vous ne le remarquerez pas. La désignation maître-esclave pour ce type de bascule n'a pas le mérite d'une limpidité parfaite, mais elle est tout de même assez éloquente pour qu'on la mentionne.

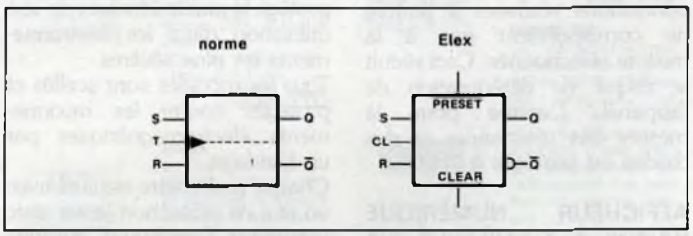
PDF Page Organizer - Foxit Software

Au fait, pourquoi l'entrée C s'appelle-t-elle ainsi ? Pas d'idée ?
C'est le «c» du mot anglais *clock* = horloge. Pour franciser ces termes, on peut aussi adopter le mot **cadenceur** pour cette entrée, car c'est elle en effet qui cadence le transfert des niveaux logiques de l'entrée vers la sortie.

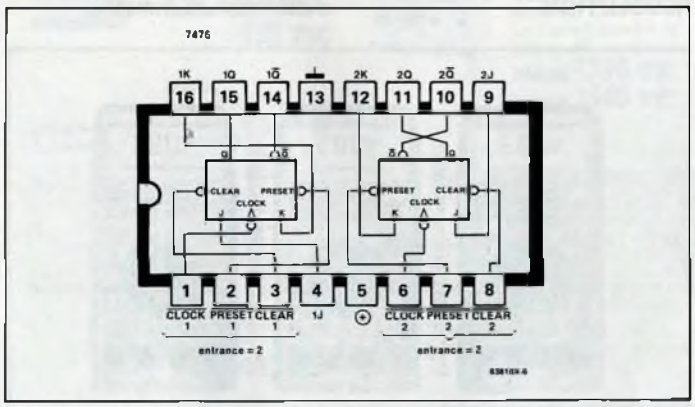
Nous venons de faire la connaissance de circuits qui non contents de réagir à des niveaux logiques réagissent même au passage d'un niveau à l'autre, et, qui plus est, ils le font dans un sens et pas dans l'autre. Il n'est pas difficile d'imaginer que de tels circuits permettent de commander des processus d'une précision inconnue en logique statique. Qui dit précision dit complexité et surtout fragilité. Les circuits sensibles aux flancs ascendants ou descendants (logique dynamique) sont aussi des circuits sensibles aux parasites...
Au point où nous en sommes, la durée des flancs est encore négligeable. Nous considérons que les passages d'un niveau logique à l'autre sont instantanés. Nous vous souhaitons néanmoins dès aujourd'hui de pousser votre exploration de l'électronique si loin qu'un jour vous aurez à prendre en compte les durées des flancs qui sont de l'ordre de la nanoseconde. C'est un aspect passionnant de l'électronique que de se coltiner des retards de l'ordre du milliardième de seconde, non ?

En faisant des essais avec la platine DIGILEX et la bascule JK, vous avez sans doute remarqué que le transfert des informations des entrées J et K vers les sorties ne marchait qu'à condition qu'il n'y ait pas de changement de niveau logique sur les entrées pendant la durée de l'impulsion d'horloge.
Il convient donc d'appliquer d'abord les données à J et K, puis de mettre C à 1 (prise en compte) et enfin de remettre cette entrée C à 0 (transfert). Si des changements interviennent pendant que l'entrée C est à 1, il peut se produire une erreur de transfert, sur cette bascule JK bricolée sur la platine DIGILEX comme sur n'importe quelle bascule intégrée (voir les circuits intégrés ci-dessous). Il se trouve que tant que les entrées J et K sont à 0 toutes les deux, les sorties ne bougent pas, mais la configuration 1/1 à l'entrée provoque une inversion des sorties à chaque nouvelle impulsion sur C.

Le symbole de la bascule JK est simple :

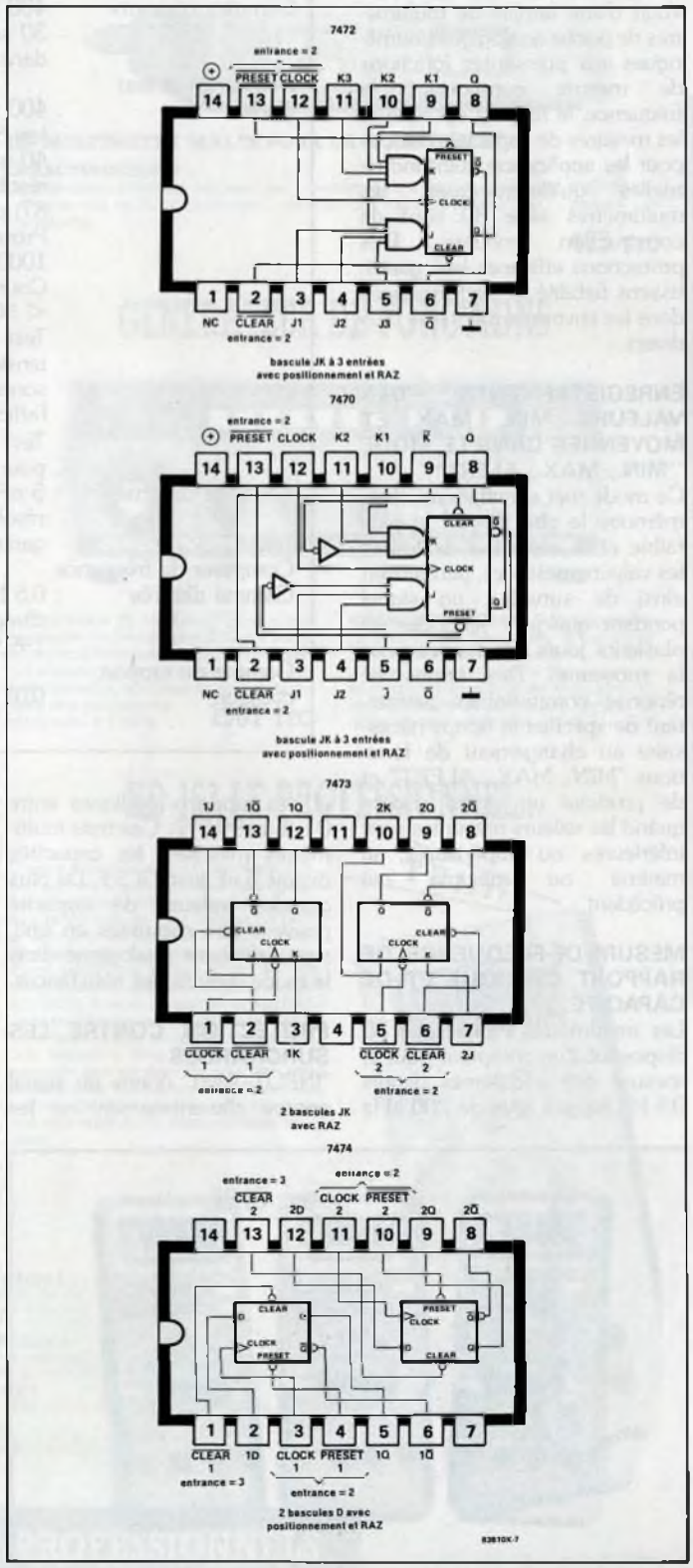


Le circuit intégré le plus courant est le 74(LS)76 qui contient deux bascules JK :



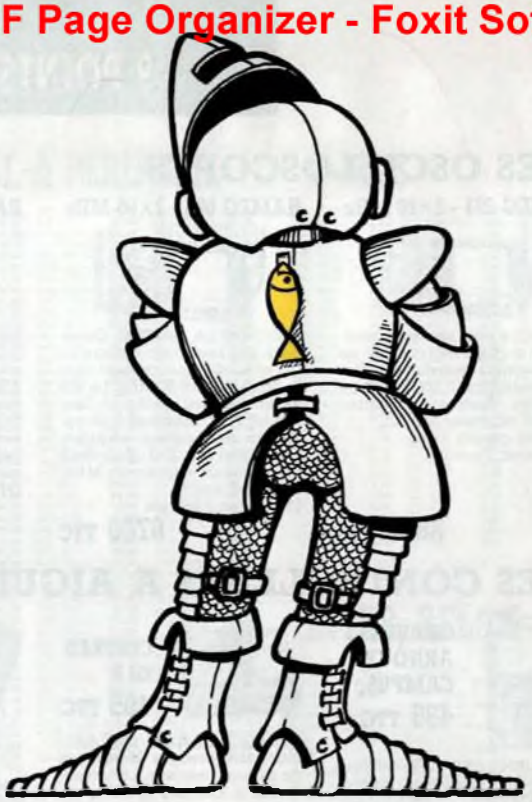
En plus des entrées de commande déjà décrites, ce circuit intégré compte une entrée $\overline{\text{PRESET}}$ et une entrée $\overline{\text{RESET}}$ pour chacune des bascules. Au repos celles-ci sont forcées à 1. Pour les activer, il faut les mettre à 0.
La ligne $\overline{\text{PRESET}}$ est une entrée de positionnement : quand elle est activée (0) la sortie Q passe à 1 (et $\overline{Q}$ à 0). La ligne $\overline{\text{RESET}}$ est une entrée d'initialisation qui remet la sortie Q à 0 ($\overline{Q}$ à 1).
La barre qui surmonte les mots $\overline{\text{PRESET}}$ et $\overline{\text{RESET}}$ indique que ces lignes sont actives au niveau bas. On rencontre aussi très souvent les termes de SET et CLEAR à la place de PRESET et RESET. Peu importe...

Sur notre platine DIGILEX, deux supports peuvent recevoir de tels circuits intégrés à 16 broches : ce sont IC6 et IC7. Voici en guise de conclusion du présent épisode le brochage de quelques autres circuits intégrés de bascules JK.



PDF Page Organizer - Foxit Software

ANALOGIQUE ANTI-CHOC



5ème épisode

récapitulation

Dans le prochain épisode de cette rubrique «ANALOGIQUE ANTI-CHOC» nous aborderons plus en détail l'étude des amplificateurs. Pourquoi dans le prochain et pas dans celui-ci ? Parce qu'il nous semble opportun, avant d'étudier un montage amplificateur, de rappeler les notions auxquelles cette étude fait appel. Après avoir démarré sur les chapeaux de roues, cette petite récapitulation va nous permettre de souffler tout en nous remettant les idées en place.

Voici donc un rappel des notions déjà évoquées dans les quatre premiers épisodes de cette rubrique, et qui seront utilisées systématiquement dans toute la suite. Pour des précisions supplémentaires, reportez-vous aux épisodes précédents. Par la suite vous pourrez vous reporter à cette récapitulation pour vous remémorer les généralités.

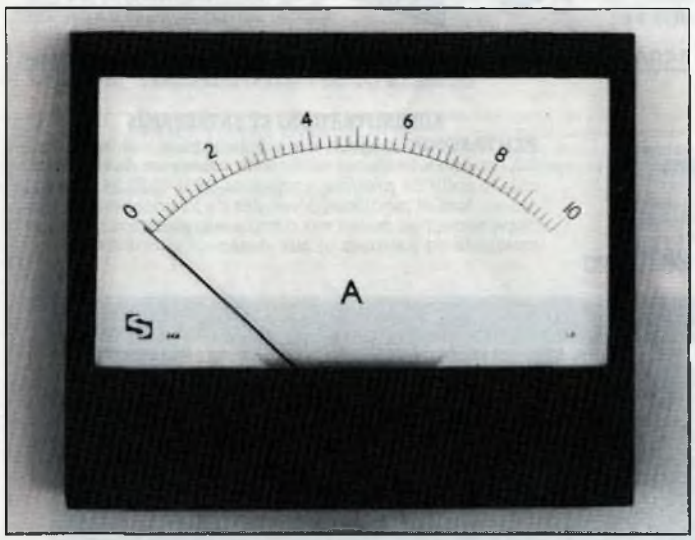
tension

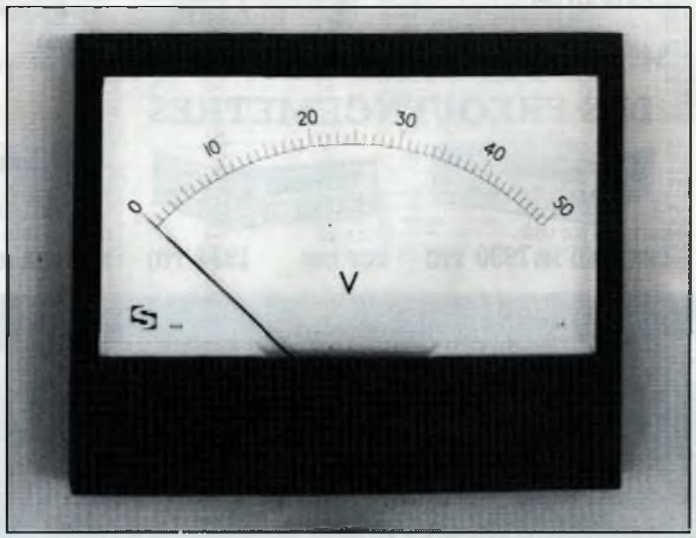
La tension est une différence de **potentiel** entre deux points. Plus «l'écart» entre les deux pôles est grand, plus la tension qui y règne est élevée. La comparaison avec la pression de l'eau reste sans doute la plus parlante : plus un château d'eau est élevé, plus la pression de l'eau est forte dans les canalisations. Il faut offrir (et ouvrir) un chemin à l'eau pour qu'elle s'écoule, tout comme il faut établir un circuit conducteur au courant électrique pour qu'il circule.

En l'absence de tension (la force électro-motrice), il ne saurait y avoir de courant. Dans un circuit donné, le courant provoqué (c'est-à-dire le débit de l'eau) sera d'autant plus intense que la tension (la pression de l'eau) sera plus forte.
La tension électrique se mesure en **volts** (symbole : V). On dit par exemple : «En ce point du circuit, il règne une tension de 14,5 V». Ou encore :«La tension de service de ce circuit intégré ne doit pas dépasser 30 V».

courant

Le courant électrique, que nous avons comparé à un flux d'eau, est le résultat du déplacement des **électrons** des atomes qui constituent la matière. Il produit des effets thermiques, magnétiques et chimiques. La mesure du courant électrique se fait en exploitant l'un ou l'autre de ces effets, le plus souvent l'effet magnétique dans les galvanomètres. La comparaison hydraulique nous fournit une illustration efficace des limites de l'intensité du courant dans des circonstances données : le débit de l'eau est conditionné non seulement par la pression (la tension électrique), mais aussi par la section des tuyaux (résistance électrique). Voir le paragraphe suivant.
L'unité de mesure de l'intensité est l'**ampère** (symbole : A). On dit par exemple : «A travers ce fil circule un courant de 3,5 A», ou «Insérez un fusible de 600 mA», ou encore : «L'intensité du courant fourni par ce régulateur ne peut pas dépasser 1 A».

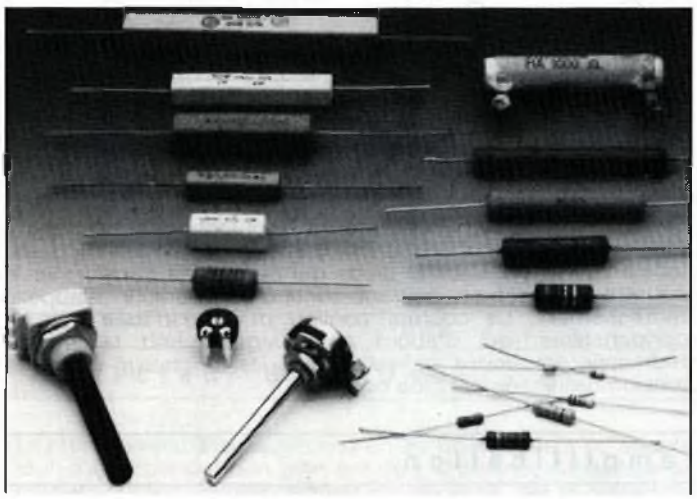




PDF Page Organizer - Foxit Software

résistance

Le diamètre d'un tuyau n'est pas infini, et la quantité d'eau qui y passe s'en trouve limitée. De même les conducteurs qui véhiculent les électrons ne sont pas parfaits : ils opposent une **résistance** au passage du courant tout comme les tuyaux canalisent l'eau. Les composants dénommés résistances présentent une résistance beaucoup plus forte que les conducteurs normaux, et servent à doser l'intensité du courant qui traverse un circuit, tout comme on le fait avec des tuyaux de section différente pour l'eau.



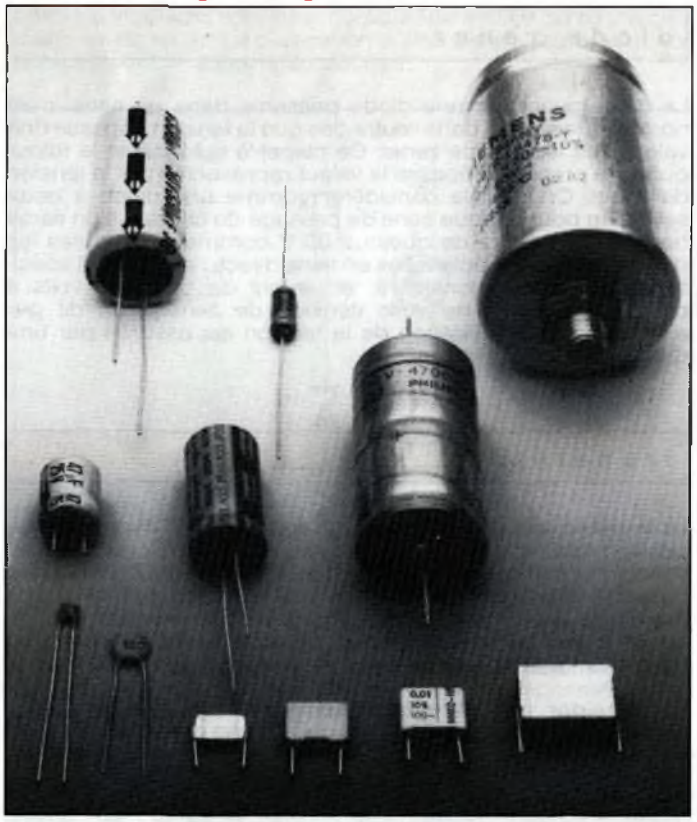
La loi d'Ohm définit la relation entre la tension, la résistance et l'intensité du courant dans un circuit donné. Si la pression de l'eau dans les conduites augmente, la force du jet d'eau à la sortie d'un robinet entrouvert augmentera en proportion. Et inversement quand la pression diminue.
Si à pression égale j'ouvre le robinet, le débit de l'eau augmente, mais la force du jet d'eau diminue, etc.
Le courant qui circule dans une résistance donne naissance à une chute de tension aux bornes de cette résistance : la tension *à l'entrée* de la résistance n'est pas la même que la tension *à la sortie*. L'unité de résistance est l'**ohm** (symbole : Ω; oméga majuscule en grec). On dit par exemple : «La valeur de cette résistance de précision est de 2,76 kΩ» ou encore : «Quand d'un potentiomètre le curseur est en fin de course, la résistance entre lui et l'extrémité de la piste n'est pas toujours parfaitement nulle.»

condensateur

Un condensateur emmagasine des charges électriques. On dit qu'il se charge quand il emmagasine les charges transportées par un courant, c'est un récepteur. Il se décharge lorsqu'il fait naître un courant dans un circuit en y renvoyant les charges qu'il avait accumulées, il devient une source.
Pour les amateurs de comparaisons et d'analogies hydrauliques, le condensateur est, selon sa taille, un bassin de régulation, une citerne domestique, un seau ou un verre d'eau . . .
L'unité de mesure de capacité, le **farad** (symbole : F), représente un condensateur énorme. Le sous-multiple le plus couramment employé est le micro-farad (μF), ou millionième de farad. On dit par exemple : «Dans ces conditions, la capacité du condensateur de lissage doit être de 1000 μF au moins» ou encore : «La capacité de deux condensateurs montés en parallèle est égale à la somme des deux capacités».

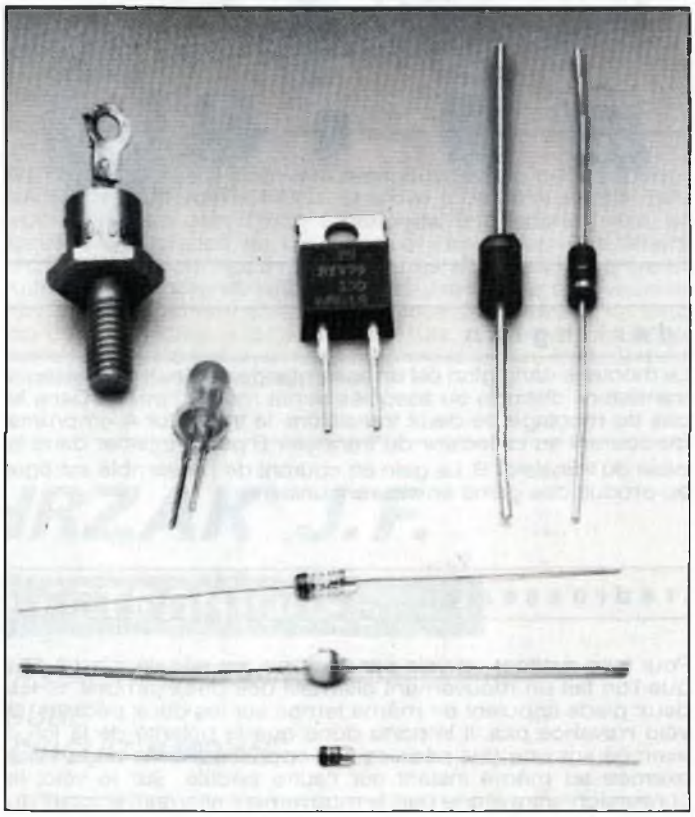
semi - conducteur

Un semi-conducteur présente une résistance nulle dans un sens de passage du courant, et infinie dans le sens opposé. Telle serait la description du semi-conducteur idéal. Même si les composants modernes répondent de plus en plus fidèlement à cette définition exigeante en pratique, il subsiste sur ces composants des courants de fuite, des résistances apparentes et des tensions de seuil (*nobody is perfect*).



diode

La diode est le prototype du semi-conducteur. Elle sert à transformer le courant alternatif en courant continu, c'est-à-dire à n'autoriser le passage du courant que dans un sens, ou à séparer deux circuits l'un de l'autre en interdisant le passage du courant d'un circuit dans un autre. Dans nos analogies hydrauliques, nous l'avons comparée à un clapet anti-retour.



La tension de seuil de la diode, qui est une imperfection si on se réfère à la théorie, est fréquemment exploitée comme véritable référence de tension, du fait de sa stabilité relative.
Le test des diodes peut se faire à l'ohmmètre puisque leur comportement est celui de résistances.

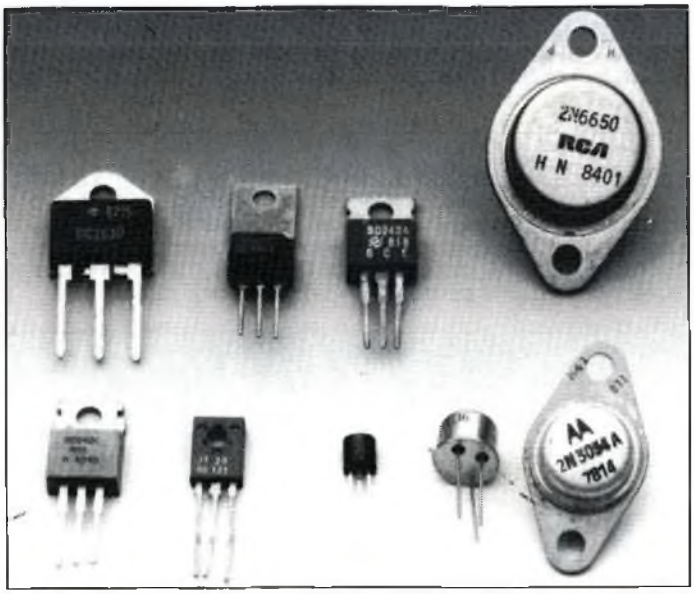
PDF Page Organizer - Foxit Software

diode zener

La diode zener est une diode passante dans un sens, c'est normal, mais aussi dans l'autre dès que la tension dépasse une valeur dite tension de zener. Ce clapet-là autoriserait le retour quand la pression dépasse la valeur représentée par la tension de zener. On peut la considérer comme une diode à deux seuils, un pour chaque sens de passage du courant; l'un serait normal, c'est-à-dire de quelque 0,7 V comme pour toutes les diodes au silicium polarisées en sens direct, l'autre serait spécifique au modèle considéré, et variant de plusieurs volts à plusieurs dizaines de volts (tension de zener). On dit par exemple : «La stabilisation de la tension est assurée par une diode zener de 5,1 V».

transistor

Le transistor est comparable à un robinet ou à une vanne. En position robinet fermé, c'est un tuyau bouché. L'ouverture est variable et commandée par un courant faible qui circule entre base et émetteur. Le débit entre collecteur et émetteur augmente en proportion du courant de commande. Robinet ouvert à fond, le transistor est dit saturé. En effet, le courant ne peut pas dépasser une certaine valeur (déterminée par la tension).
Le transistor peut être testé sommairement à l'ohmmètre, comme si chaque jonction était celle d'une diode.



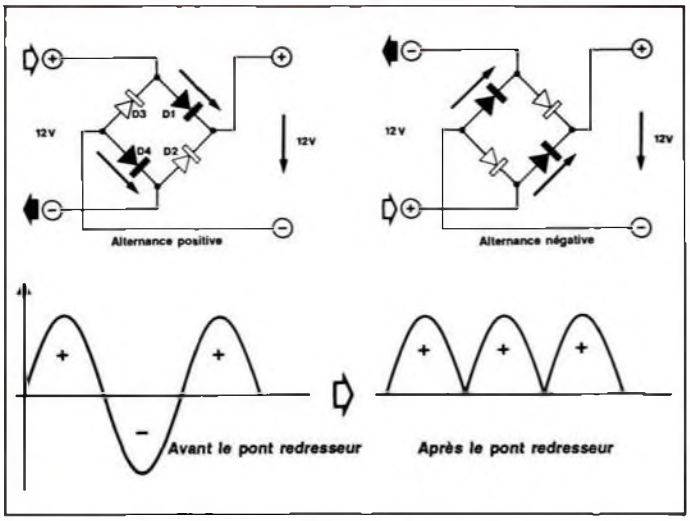
darlington

Le montage darlington est un assemblage de deux ou plusieurs transistors, distincts ou associés sur la même "puce". Dans le cas du montage de deux transistors, le transistor A emprunte du courant au collecteur du transistor B pour l'injecter dans la base du transistor B. Le gain en courant de l'ensemble est égal au produit des gains en courant unitaires.

redressement

Pour faire avancer un vélo par exemple, on pédale, c'est-à-dire que l'on fait un mouvement alternatif des deux jambes. Si les deux pieds appuient en même temps sur les deux pédales, le vélo n'avance pas. Il importe donc que la polarité de la force exercée sur une des pédales soit opposée à celle de la force exercée au même instant sur l'autre pédale. Sur le vélo, la conversion entre d'une part le mouvement alternatif et rotatif du pédalier et d'autre part le mouvement longitudinal du vélo est assurée par la chaîne.

Le courant alternatif change de sens périodiquement. Le plus souvent, il est le produit de phénomènes physiques ondulatoires (vibrations, mouvements de va-et-vient, de rotation, etc).



Or les circuits à semi-conducteurs, dont font partie les transistors, ont besoin pour fonctionner d'être alimentés à partir d'une tension continue. C'est la diode qui permet de transformer le courant alternatif en courant continu. L'opération s'appelle redressement. Le courant continu pulsé est **lissé** par un condensateur, qui d'abord se charge quand la tension redressée est élevée, et restitue ensuite sa charge quand la tension redressée est plus basse.

amplification

L'amplification est l'opération qui augmente la valeur d'une grandeur, tension ou courant ou puissance. Une tension de faible amplitude est transformée en une tension de forte amplitude, ou un courant faible est transformé en un courant de forte intensité. Le supplément d'énergie disponible à la sortie est apporté par l'alimentation de l'amplificateur.

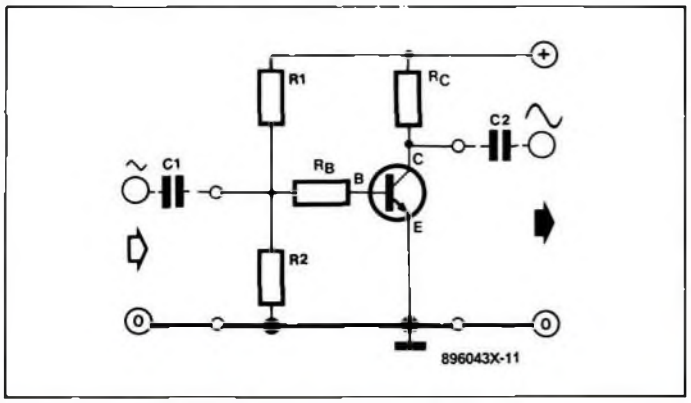
gain

Le gain est le rapport entre la grandeur d'entrée et la grandeur de sortie d'un circuit. Il s'exprime donc par un nombre sans unité (par exemple «un gain de 100»).

PDF Page Organizer - Foxit Software

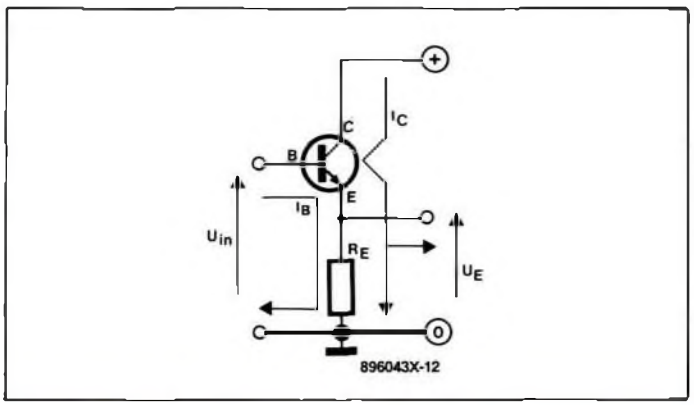
Le décibel est utilisé pour exprimer le gain suivant une loi logarithmique.
Un gain peut être négatif; c'est le cas chaque fois que la tension de sortie du circuit considéré est inversée (ou en opposition de phase). Un gain peut être inférieur à 1; c'est le cas quand l'amplitude du signal de sortie est inférieure à celle du signal d'entrée.

L'amplification telle que nous l'avons vue est le fait de transistors montés en **émetteur commun**.



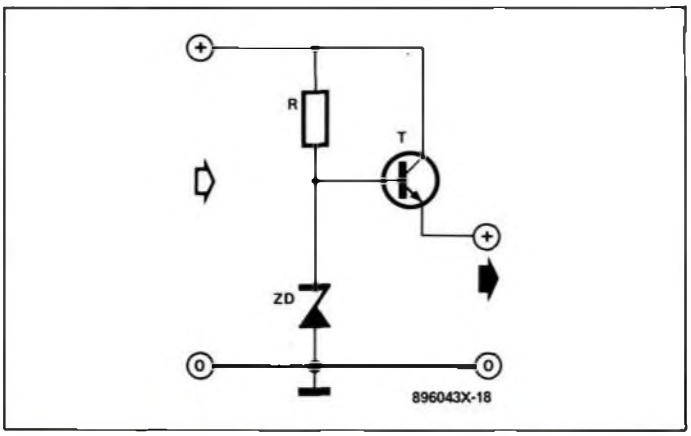
collecteur commun

Le montage en collecteur commun est un abaisseur ou adaptateur d'impédance. Son gain est de 1. Il permet de débiter un courant d'intensité relativement élevée sans que la résistance interne de l'étage consommateur provoque une chute de la tension de sortie.



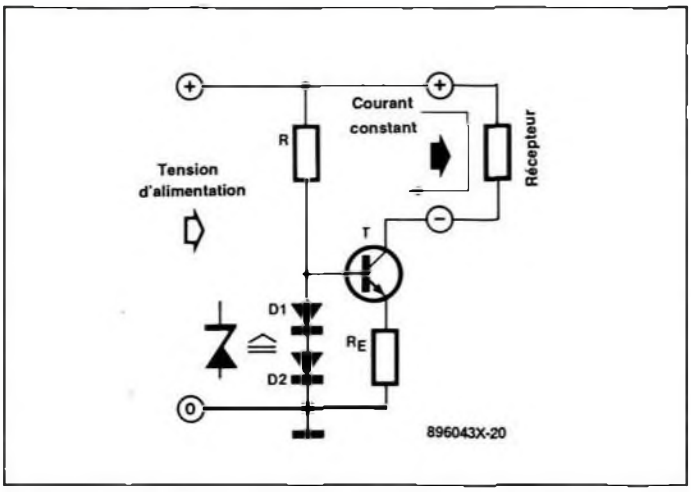
source de tension constante

Le transistor en collecteur commun, associé à la diode zener, fournit une source de tension (presque, *nobody is perfect, bis repetita* . . .) indépendante de l'intensité du courant débité. Les pertes à vide sont minimes, comparées à celle du montage à diode zener seule. La dissipation d'énergie n'a lieu que quand le récepteur consomme du courant.



source de courant constant

Ce montage permet de maintenir un courant constant dans la charge, quelle qu'elle soit, dans les limites imposées par la tension délivrée par l'alimentation.



Voici la fin de cette première récapitulation de notre rubrique «ANALOGIQUE ANTI-CHOC». Si arrivé à ce point il reste dans votre esprit un coin d'ombre profonde, une lacune grave, un gouffre d'ignorance au bord duquel l'angoisse vous étreint, écrivez-nous pour nous raconter où se situe la limite entre ce que vous comprenez encore à peu près et ce que vous ne comprenez vraiment plus du tout. Nous chercherons, en fonction de vos lettres et de vos demandes, à orienter la suite de cette rubrique dans un sens qui répondra le plus explicitement possible à vos interrogations.

Ets. MAJCHRZAK J.F.

COMPOSANTS ELECTRONIQUES

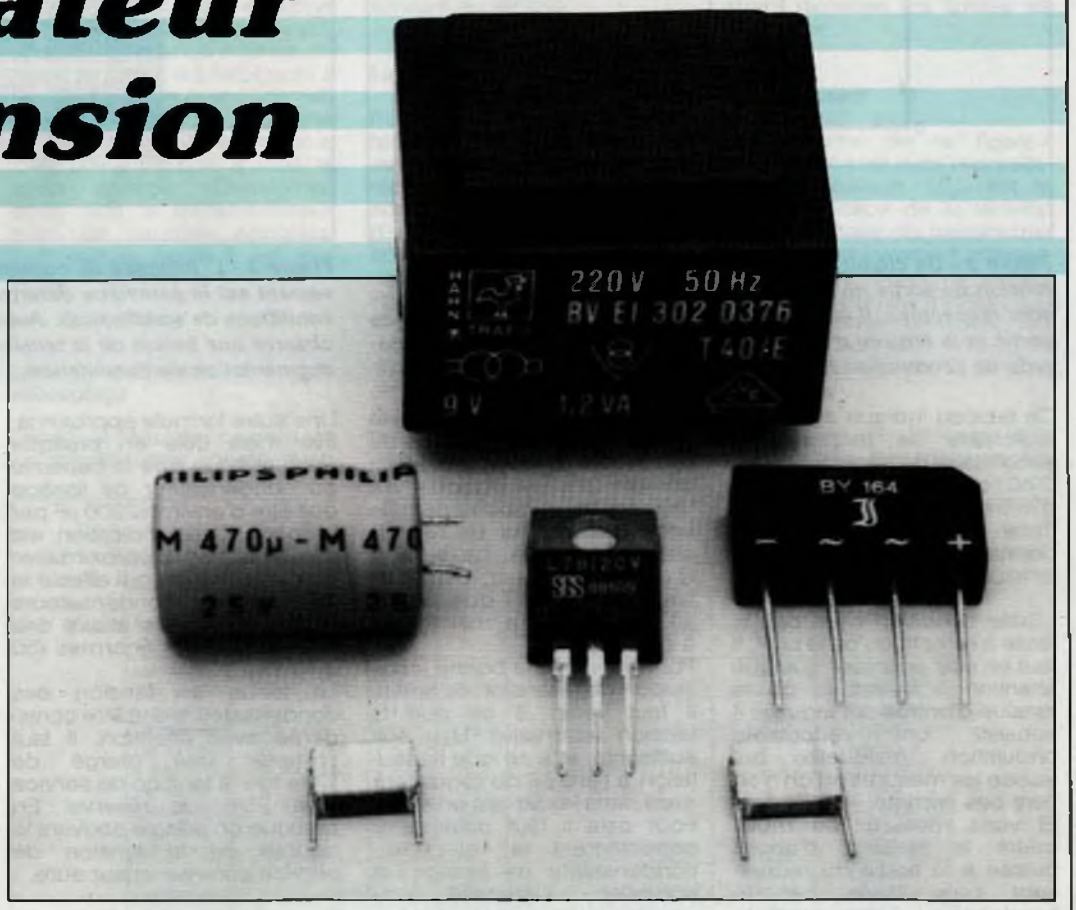
SEMI-CONDUCTEURS ACTIFS/PASSIFS
MESURE
TOUT POUR LE CIRCUIT IMPRIMÉ

107, rue Paul Guieysse
56100 LORIENT

TÉL. 97 21 37 03.
TÉLEX MAJCOMP 950017 F

PDF Page Organizer - Foxit Software

la mise au point d'une bonne alimentation à régulateur de tension fixe



Dans un numéro dont une grande partie est consacrée à des circuits traitant des signaux à haute fréquence, il peut paraître paradoxal de présenter un article consacré aux alimentations à régulateurs fixes. Ces alimentations sont les circuits électroniques les plus fréquents, et vous ne manquerez pas d'en réaliser un certain nombre, quel que soit par ailleurs votre type de circuit de prédilection. Nous ne prétendons pas expliquer ici ce qu'est une alimentation stabilisée ou un circuit de régulation. Ces quelques pages sont destinées plus modestement, sous forme d'une espèce de recette universelle, à vous dissuader de céder à la tendance facile du *n'importe-quoi-n'importe-comment-pourvu-que-ça-marche*.

POINTS DE REPÈRE

Une alimentation stabilisée à tension de sortie fixe se compose normalement d'un transformateur, d'un redresseur, d'un condensateur de lissage et d'un régulateur de tension intégré. Aujourd'hui n'importe quel électronicien novice est à même de composer des circuits d'alimentation bien adaptés à ses besoins grâce à l'existence de composants à la fois spécifiques et universels, mais surtout faciles à mettre en oeuvre, les fameux circuits des familles 78XX pour les tensions positives, et 79XX pour les tensions négatives. Au fur et à mesure de l'affinement de ses connaissances, l'amateur découvre néanmoins des subtilités qui finissent par compliquer le problème au point qu'il ne parvient plus à garder une vue d'ensemble des familles et types de composants disponibles. Le présent article se propose de donner quelques points de repères efficaces pour une approche essentiellement pratique...

Le point de départ, c'est la tension de service nécessaire. Si cette tension correspond à l'une de celles que propose les régulateurs dont les caractéristiques sont données par le tableau 1, les choses seront (assez) faciles.

Tableau 1

Type	U_{sortie} (V)	I_{sortie}(A) 78CXX	78LXX	78MXX	$U_{entrée}$(V) min.	max.	U_{AC}(V_{eff}) min.	max.*
7805	5	1	0,1	0,5	7,5	20	10	15
7806	6	1	0,1	0,5	8,6	21	11	16
7808	8	1	0,1	0,5	10,6	23	12	17
7810	10	1	0,1	0,5	12,7	25	14	19
7812	12	1	0,1	0,5	14,8	27	15	20
7815	15	1	0,1	0,5	18	30	17	22
7818	18	1	0,1	0,5	21	33	19	24
7824	24	1	0,1	0,5	27,3	38	24	28

*voir texte

$I_{transfo}$	78XX	1,5 A
	78LXX	0,15 A
	78MXX	0,75 A

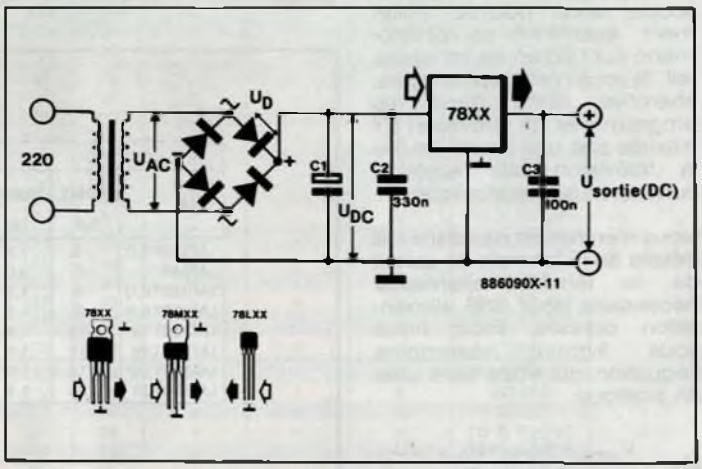


Figure 1 - Le circuit type de l'alimentation à régulateur intégré.

PDF Page Organizer - Foxit Software

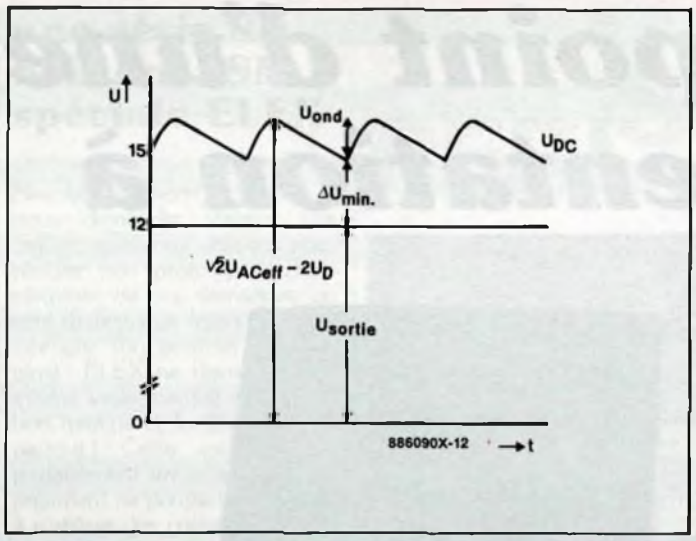


Figure 2 - Un circuit intégré ne peut pas faire de miracle : sa tension de sortie ne sera stable que si les conditions d'entrée sont respectées. Il faut que l'écart minimum Δ entre la tension de sortie et la tension d'entrée soit garanti, quelle que soit l'amplitude de l'ondulation résiduelle U_{ond}.

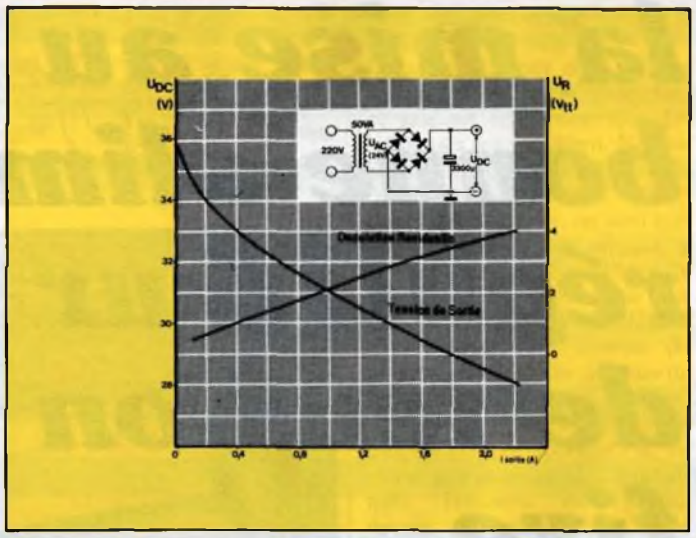


Figure 3 - L'intensité du courant débité par un circuit de redressement est le paramètre déterminant pour obtenir de bonnes conditions de stabilisation. Avec l'augmentation du courant on observe une baisse de la tension continue, assortie d'une augmentation de l'ondulation.

Ce tableau indique aussi une fourchette de tensions de secondaire du transformateur. D'où l'on déduit que la tension d'entrée d'un tel régulateur (type 78XX) doit toujours dépasser de 3 V au moins la tension de sortie nominale.

Cette condition n'est pas si facile à remplir qu'on le croit. Il faut en effet accorder quelque attention à la nature de la tension d'entrée sur laquelle il subsiste une redoutable ondulation résiduelle qui fausse les mesures si l'on n'en tient pas compte.
Si vous mesurez au multimètre la tension, d'abord pulsée à la sortie du redresseur puis lissée par le condensateur, l'instrument de mesure vous indiquera une valeur moyenne éventuellement supérieure de 3 V à la tension de sortie comme il se doit, mais la valeur instantanée réelle passe périodiquement sous ce seuil fatidique, ce qui se traduira par une perturbation de la fonction de régulation et par une ondulation de la tension de sortie. C'est ce qu'illustre la **figure 2**.

Si vous disposez d'un oscilloscope, vous pouvez facilement examiner ce phénomène sur l'écran de cet appareil. Si vous n'en disposez pas, cherchez donc dans les programmes de télévision s'il n'existe pas une émission (de la télévision dite scolaire) consacrée à l'électronique...

Nous n'entrerons pas dans les détails de la formule de calcul de la tension alternative nécessaire pour une alimentation donnée, mais nous vous livrons néanmoins l'équation qui vous sera utile en pratique.

$$U_{AC} = \frac{U_{sortie} + \Delta U_{min} + U_{ond} + 2U_D}{\sqrt{2}}$$

Précisons que U_D est la chute de tension dans une diode du redresseur (environ 1 V). Ici on compte 2 × U_D puisqu'il y a toujours deux diodes dans le sens passant sur un redresseur à 4 diodes. La tension U_{ond} est la tension d'ondulation résiduelle que nous allons apprendre maintenant à définir.
Pour obtenir une bonne stabilisation de la tension de sortie, il faut veiller à ce que la tension alternative U_{AC} soit suffisante, et à ce que l'ondulation à l'entrée du régulateur reste dans les limites prévues. Pour cela il faut déterminer correctement la valeur du condensateur de lissage, et surveiller l'intensité du courant fourni par le transformateur. Pour une amplitude d'ondulation donnée, il faut que la capacité du condensateur soit d'autant plus élevée que l'intensité du courant sera forte. Une formule approximative suffit pour calculer l'ondulation et obtenir des résultats pratiques satisfaisants :

$$U_{ond} = (10 \times I) : C$$

où I est exprimé en mA et C en µF.

Une autre formule approximative mais utile en pratique nous indique que la capacité du condensateur de lissage doit être d'environ 2200 µF par ampère. Cette indication est d'autant plus approximative que la tolérance qui affecte la valeur des condensateurs électro-chimiques atteint des valeurs souvent énormes (50 à 100%).
La tenue en tension des condensateurs doit être considérée avec attention. Il faut compter une marge de 1,414 fois la tension de service plus 25% de réserve. En pratique on adopte souvent le double de la tension de service comme valeur sûre.

Il reste à déterminer l'intensité du courant que doit pouvoir fournir le transformateur. On retient généralement que sa valeur doit être une fois et demie celle du courant de sortie de l'alimentation.

UN EXEMPLE : 12V/500mA

Prenons l'exemple d'une alimentation de 12 V/500 mA. Le régulateur 78M12 est utilisable, mais il sera à la limite de ses possibilités (voir les caractéristiques dans le tableau 1), ce qui n'est pas souhaitable. Le choix d'un régulateur de type C est préférable. La valeur du condensateur de lissage devrait être de l'ordre de 1100 µF si l'on s'en tient à la formule énoncée ci-dessus. La valeur normalisée la plus proche est 1000 µF; c'est elle que nous retiendrons.
La valeur de la tension d'ondulation sera de

$$U_{ond} = 10 \times 500\ mA : 1000\ \mu F = 5\ V$$

Nous avons tous les éléments pour calculer à présent la tension de secondaire du transformateur :

$$U_{AC} = \frac{12V+3V+5V+2V}{1,414} = 15,5V$$

La valeur normalisée la plus proche est 15 V. On peut considérer qu'un condensateur de lissage de 2200 µF, au lieu de 1000, ne fera pas de mal; on dispose aussi de quelques réserves, puisqu'à 500 mA, la chute de tension

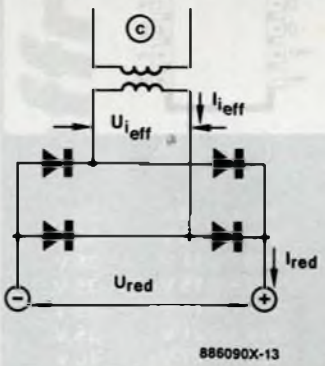
Type	U_{stab} [V]	I_{sortie} [A]	$U_{entrée}$ min. [V]	$U_{entrée}$ max. [V]	limitation de courant	protection thermique	plage de sécurité	boîtier
LM320T5,0	−5	1,5	−7,5	−25	×	×	—	TO-220
LM345	−5	3,0	−7,8	−20	×	×	×	TO-3
LM320T6,0	−6	1,5	−8,5	−25	×	×	—	TO-220
LM320T8,0	−8	1,5	−10,5	−25	×	×	—	TO-220
LM320T12	−12	1,5	−14,5	−32	×	×	—	TO-220
LM320T15	−15	1,5	−17,5	−35	×	×	—	TO-220
LM320T18	−18	1,5	−21	−35	×	×	—	TO-220
LM320T24	−24	1,5	−27	−35	×	×	—	TO-220

PDF Page Organizer - Foxit Software

dans les diodes du redresseur sera nettement inférieure aux 2 V que nous avons retenu pour notre calcul (la valeur typique est de 0,6 à 0,7 V, nous le savons). Par ailleurs le tableau 1 nous indique une tension d'entrée U_{DC} minimale de 14,8 V alors que nous avons retenu la valeur arrondie à 15 V dans la formule (12 V + 3 V). Bref, il y a de la marge . . .
La tenue en tension du condensateur de lissage doit atteindre 25 V au moins, mais nous recommandons d'adopter en pratique une valeur plus sûre (35 V par exemple).

L'existence d'une marge de courant est essentielle : on considère généralement que le transformateur doit être capable de débiter, nous l'avons déjà dit, environ 1,5 fois le courant de sortie nominal (voir tableau 1).

N'oubliez pas que s'il importe de respecter la tension d'entrée U_{DC} minimale spécifiée par le fabricant du régulateur que vous utilisez, il ne faut pas non plus dépasser la valeur d'entrée maximale indiquée par ce fabricant. Un régulateur de 18 V par exemple ne supporte pas plus de 33 V. Or les calculs indiquent que pour un tel régulateur, la tension minimale au secondaire du transformateur est de 19 V, une valeur que l'on ne rencontre dans aucun catalogue courant. Avec un transformateur de 18 V, qui est une valeur plus courante, il faut un gros condensateur d'entrée si l'on veut encore obtenir des caractéristiques de régulation satisfaisantes malgré la faible différence entre tension d'entrée et tension stabilisée.
Si l'on adopte un transformateur de 24 V au secondaire, on arrive à la limite de la plage de tension d'entrée du régulateur (24 V x 1,414 – $2U_D$ donnent 32 V, c'est juste). Et la figure 3 montre qu'on risque même de la dépasser (36 V) puisque la tension à vide du transformateur est plus élevée que sa tension nominale.



Il faut savoir que deux autres facteurs renforcent cette tendance à l'augmentation de la tension à vide ou sous faible charge d'un transformateur : la résistance interne du transformateur est d'autant plus faible que l'intensité du courant est faible aussi, la chute de tension sera donc moins forte; de même, pour un courant faible, la chute de tension sur les diodes sera faible. Notons encore que plus le transformateur est petit, plus sa résistance interne est forte, puisqu'il est fait appel à du fil plus fin : en conséquence de quoi nous constaterons une différence plus forte entre tension à vide et sous charge. Considérez donc que le transformateur dont les courbes apparaissent sur la figure 3 est loin d'être mauvais.

Les condensateurs de découplage

Dans tout régulateur se trouve un amplificateur monté avec une boucle de contre-réaction qui se mettrait à osciller si on ne l'en empêchait pas. C'est pourquoi il importe de toujours placer un condensateur de découplage le plus près possible à l'entrée et à la sortie des régulateurs intégrés. Les condensateurs de lissage électro-chimiques ne suffisent pas; il faut toujours les associer à des condensateurs à film ou à des condensateurs au tantale.

La puissance

Puisque nous avons parlé de tension et de courant, nous avons parlé de puissance. Le rapport entre la puissance de sortie et de la puissance d'entrée nous indique combien de puissance a été dissipée par le régulateur. Pour le calcul, c'est simple. On soustrait la tension de sortie de la tension d'entrée pour obtenir la valeur de la chute de tension. Le courant propre du régulateur est négligeable puisque son intensité ne dépasse jamais 5 mA. La valeur de la puissance dissipée est donc obtenue par multiplication de la tension perdue par le courant débité, soit 1,5 W dans notre exemple (3 V x 0,5 A). Il n'est donc pas étonnant que les régulateurs chauffent; c'est même tellement normal que les fabricants les ont dotés d'un circuit disjoncteur qui en surveille la température et réduit le courant de sortie si l'échauffement dépasse les limites de tolérance.

Le redresseur

Le schéma de la **figure 4** montre un circuit de redressement classique. Ui_{eff} est la valeur efficace de la tension au secondaire du transformateur. Ii_{eff} est la valeur efficace du courant dans le secondaire du transformateur. I_{red} est la valeur (efficace) du courant redressé et U_{red} la valeur (efficace) de la tension redressée.

La tension de blocage des diodes doit être d'au moins

Type	U_{stab} (V)	I_{sortie} (A)	$U_{entrée}$ min. (V)	$U_{entrée}$ max. (V)	limitation de courant	protection thermique	plage de sécurité	boîtier
LM78L05	5	0,1	7	20	×	×	×	TO-5, TO-92
TBA 625 A	5	0,13	8	20	×	–	–	TO-5
LM342-05	5	0,2	7,5	20	×	×	×	TO 202 P
µA 78M05	5	0,2	7	20	×	×	×	TO-5
LM 341-5,0	5	0,5	7,5	20	×	×	×	TO-202 P
L 129	5	0,85	7,5	20	×	–	–	TO 126
LM 309 K	5	~ 1	7	35	×	×	–	TO-3
LM340-05	5	1,5	7	35	×	×	×	TO-220
LM 323 K	5	3	7,5	20	×	×	×	TO-3
LM 5000	5	3	9	20	×	×	–	TO-3
LM 342-6	6	0,2	8	25	×	×	×	TO-202 P
LM 341-6,0	6	0,5	7,2	25	×	×	×	TO-202 P
µA 78M06	6	0,5	9	21	×	×	×	TO-5
LM 340-6	6	1,5	8	25	×	×	×	TO-220; TO-3
µA 7806	6	1,5	8	25	×	×	–	TO-3; TO-220
LM 78L08	8	0,1	10,5	23	×	×	×	TO-5, TO-92
LM 342-8	8	0,2	11	23	×	×	×	TO-202
µA 78M08	8	0,5	11,5	23	×	×	×	TO-5
LM 341-8,0	8	0,5	10,5	25	×	×	×	TO-202
µA 7808	8	1,5	10,5	25	×	×	–	TO-3; TO-220
LM 340-8	8	1,5	10,5	25	×	×	×	TO-3; TO-220
TBA 435	8,5	0,14	11,5	20	×	–	–	TO-5
LM342-10	10	0,2	13	25	×	×	×	TO-202
TBA 625 B	12	0,1	15	27	×	–	–	TO-5
LM 78L12	12	0,1	14,5	27	×	×	×	TO-5; TO-92
LM 342-12	12	0,2	15	30	×	×	×	TO-202
LM 341-12	12	0,5	14,5	30	×	×	×	TO-202
µA 78M12	12	0,5	14,5	30	×	×	×	TO-5
L 130	12	0,72	14,5	27	×	–	–	TO-126
LM 340-12	12	1,5	17,5	30	×	×	×	TO-3; TO-220
µA 7812	12	1,5	14,5	30	×	×	–	TO-3; TO-220
TBA 625 C	15	0,1	18	27	×	–	–	TO-5
LM 78L15	15	0,1	17,5	30	×	×	×	TO-5; TO-92
LM 342-15	15	0,2	18	30	×	×	×	TO-202
µA 78M15	15	0,2	17,5	30	×	×	×	TO-5
LM 341-15	15	0,5	17,5	30	×	×	×	TO-202
L 131	15	0,6	17,5	27	×	–	–	TO-126
LM 340-15	15	1,5	17,5	30	×	×	×	TO-3; TO-220
µA 7815 C	15	1,5	17,5	30	×	–	–	TO-3; TO-220
LM 78L18	18	0,1	21,4	33	×	×	×	TO-5; TO-92
LM 342-18	18	0,2	21	33	×	×	×	TO-202
LM 341-18	18	0,5	20,7	30	×	×	×	TO-202
LM 340-18	18	1	21	33	×	×	×	TO-3; TO-220
µA 7818	18	1,5	21	33	×	×	–	TO-3; TO-220
µA 78M20	20	0,5	23	36	×	×	×	TO-5
LM 78L24	24	0,1	27,5	38	×	×	×	TO-5; TO-92
LM 342-24	24	0,2	27,2	38	×	×	×	TO-202
LM 341-24	24	0,5	27	38	×	×	×	TO-202
LM 340-24	24	1	27	38	×	×	×	TO-3; TO-220
µA 7824	24	1,5	27	38	×	×	–	TO-3; TO-220

PDF Page Organizer - Foxit Software

1,25 × U_{red} ou 1,56 × Ui_{eff}. Il faut tenir compte pour ce calcul de la tension *à vide* du transformateur qui est sensiblement plus élevée que la tension nominale; les fluctuations de la tension du réseau domestique qui peuvent atteindre 10% sont prises en compte dans ce facteur.
Avec un transformateur de 24 V comme celui de la figure 3, il faut des diodes dont la tension de blocage atteint au moins 50 V.

On admet que le courant nominal moyen à travers les diodes est d'environ la moitié de I_{red} puisqu'il ne circule de courant dans chacune des diodes que durant une moitié de l'alternance de la tension redressée. Le courant de pointe admissible dans les diodes doit en revanche être sensiblement plus élevé, compte tenu de la forte charge capacitive que représente le condensateur de lissage.

Voici pour en finir (provisoirement) avec ce sujet, les valeurs typiques du circuit de la figure 4.

- Tension du secondaire du transformateur
  UI_{eff} = 0,8 × U_{red}
- Courant du secondaire du transformateur
  Ii_{eff} = 1,57 × I_{red}
- Puissance du transformateur
  P_{tr} = >1,24 × P_{red}
- Ondulation résiduelle
  $U_{f6\text{-}ond}$ = 0,48 × U_{red}
- Fréquence d'ondulation
  f_{ond} = 100 Hz

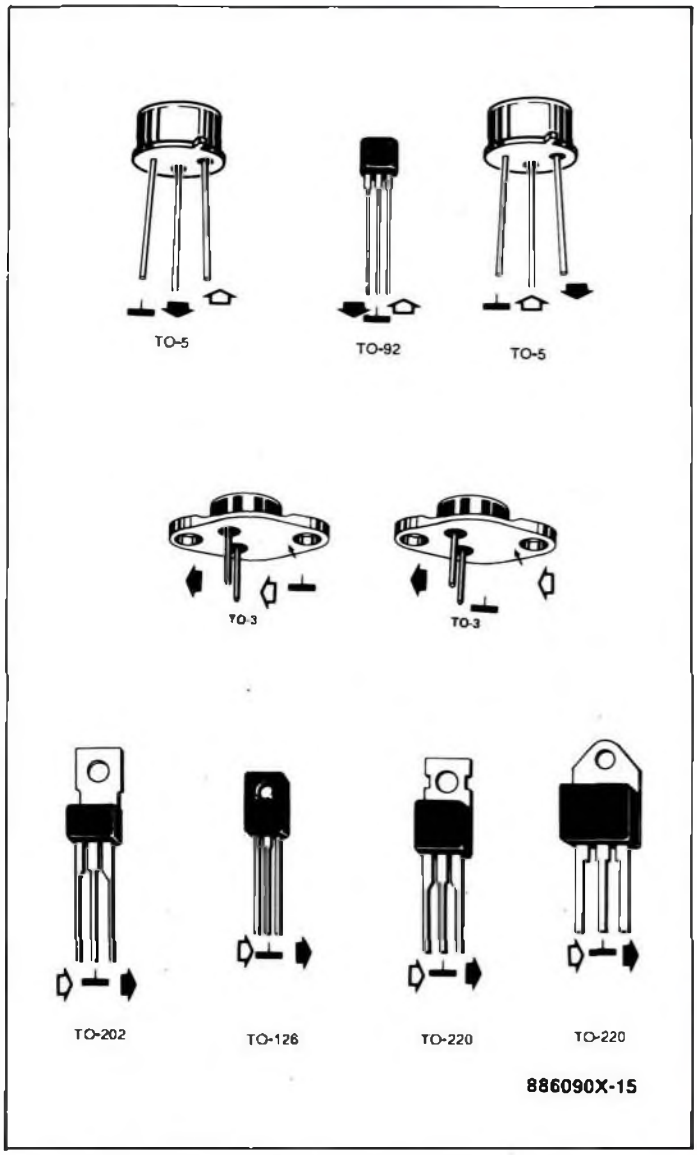


Figure 5 - Brochage des régulateurs intégrés. A l'arrière du boîtier TO126 se trouve une surface métallique invisible ici. Sur les régulateurs de tension positive, la surface métallique du boîtier est toujours en contact électrique avec la broche reliée à la masse. Sur les régulateurs de tension négative, c'est à la broche reliée à l'entrée.

Régulateurs

7805, 7806, 7808, 7812, 7815, 7818, 7824 — I_{out} = 1 A	7905, 7906, 7908, 7912, 7915, 7918, 7924 — I_{out} = −1 A
78M05, 78M06, 78M08, 78M12, 78M15, 78M18, 78M24 — I_{out} = 500 mA	79M05, 79M06, 79M08, 79M12, 79M15, 79M18, 79M24 — I_{out} = −500 mA
78L05, 78L06, 78L08, 78L12, 78L15, 78L18, 78L24 — I_{out} = 100 mA	79L05, 79L06, 79L08, 79L12, 79L15, 79L18, 79L24 — I_{out} = −100 mA
U_{out} = 5 V — LM 309K I_{out} = 1 A; LM 323K I_{out} = 3 A	LM 345K U_{out} = −5 V — I_{out} = −3 A
U_{out} = 1,2 V . . . 37 V — LM 317K I_{out} = 1,5 A	LM 723 — I_{out} = 200 mA; U_{out} = . . . 37 V_{max}. (pas de U_Z); U_{ref} = 7,15 V; U_Z = 6,2 V
U_{out} = 2,85 V . . . 40 V — L 200 I_{out} = 2 A	

Plage de la tension d'entrée

7805 = 8 V . . 35 V	7905 = −8 V . . . −35 V
7806 = 9 V . . 35 V	7906 = −9 V . . −35 V
7808 = 11 V . . 35 V	7908 = −11 V . . −35 V
7812 = 15 V . . 35 V	7912 = −15 V . . −35 V
7815 = 18 V . . 35 V	7915 = −18 V . . −35 V
7818 = 21 V . . 35 V	7918 = −21 V . . −35 V
7824 = 27 V . . 40 V	7924 = −27 V . . −40 V

Figure 6 - Vue d'ensemble des caractéristiques essentielles des régulateurs intégrés les plus courants.