



(6^{ème} partie)

PETITE HISTOIRE DU TELEPHONE

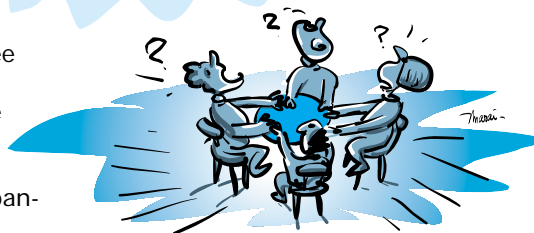
Le répondeur magnétique

Si un nombre croissant de chercheurs s'emploie à accroître la qualité des transmissions téléphoniques depuis les premiers essais de BELL, d'autres préfèrent explorer de nouvelles voies, comme le Danois VALDEMAR POULSEN.

Né à Copenhague le 23 novembre 1869, VALDEMAR POULSEN grandit au sein d'une famille bien ancrée dans la bourgeoisie locale, dans la mesure où son père appartient à la magistrature. Ce dernier l'oriente vers la médecine, mais VALDEMAR affectionne plus particulièrement la physique et la chimie. En 1893, il choisit d'entrer dans la toute jeune Compagnie des téléphones de Copenhague où il s'occupe des dérangements. L'expérience qu'il acquiert alors dans les ateliers lui permet de se livrer à quelques études, notamment celles relatives au phonographe électrolytique, d'après une idée émise par CROS en 1878.

En 1896, il publie dans La nouvelle revue de physique et chimie une série d'articles, dont un sur la Résistance électrique des cordes et un autre sur la Chaleur spécifique et vitesse du son. Son travail sur le phonographe électrolytique est ensuite abandonné au profit d'une autre formule de cet appareil.

ESPRIT EST TULAP
ESPRIT EST TULAP
ESPRIT EST TULAP
... JE SUIS ABSENT
POUR LE MOMENT...
LAISSEZ MOI VOTRE
MESSAGE. APRES LE
BIP. MERCI!



suite p 24

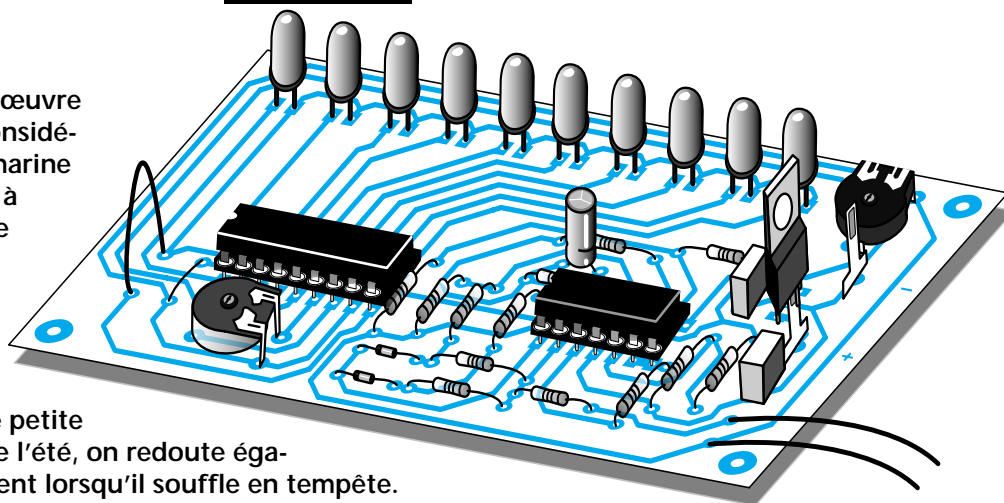
Un anémomètre à dynamo

PAGE 3

L'énergie mise en œuvre par le vent est considérable, et même si la marine à voile ou les moulins à vent sont dépassés de nos jours, on constate parfois un regain d'intérêt pour cette forme d'énergie gratuite, mais irrégulière et imprévisible. Si une petite brise est bien agréable l'été, on redoute également les effets du vent lorsqu'il souffle en tempête. La vitesse du vent se mesure habituellement en nœud, qui représente le déplacement de 1 mile par heure, soit environ 1,852 km/h.

Cette unité maritime, il est vrai, reste en vigueur de nos jours, car c'est exactement la distance qui sépare deux points de même longitude et éloignés d'une minute d'arc en latitude. L'échelle BEAUFORT s'étend de 0 à 12 entre une mer calme et un ouragan. Mesurer la vitesse du vent consiste à évaluer la vitesse d'un mobile en rotation

animé par le vent grâce à une hélice, par exemple. Un moteur à courant continu, utilisé en générateur ou dynamo, pourrait être à la base d'un capteur de vitesse efficace et économique. Une échelle de 10 LED suffira finalement à apprécier la force du vent au moyen d'une poignée seulement de composants électroniques.



■ Comment ça marche ?

Si le moteur à courant continu est bien une machine réversible, il suffira de l'entraîner par un effort mécanique pour récolter à ses bornes une faible tension continue, dont les polarités dépendent tout de même du sens de rotation de l'axe. La tension induite est particulièrement aisée à mesurer si l'on considère la relation suivante :

$$E = k \cdot n \cdot N \cdot \Phi$$

suite p 3

N°6 OCTOBRE 1998
NOUVELLE SÉRIE

SOMMAIRE

1 - PETITE HISTOIRE
DU TELEPHONE

2 - INTERPHONE FILAIRE

3 - ANÉMOMÈTRE A DYNAMO

4 - QU'EST-CE QUE C'EST ?
COMMENT ÇA MARCHE ?
CONCEVOIR ET REALISER
SON SITE INTERNET

6 - CONSTRUIRE UN MINI-LABO
COMPTEUR/DECOMPTEUR

8 - LE COIN DE LA MESURE

10 - DEPARTAGEUR

11 - COMMENT CALCULER SES
MONTAGES ?

16 - DECOUVREZ L'ANGLAIS
TECHNIQUE
FILTRE ELIMINATEUR

18 - TECHNOLOGIE
LES FILTRES

19 - GENERATION INTERNET

20 - SIMULATEUR D'ALARME

22 - J'EXPERIMENTE
LE PHOTOPHONE DE BELL

Generation

ELECTRONIQUE

PROJETS, INITIATION, ENSEIGNEMENT

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD
S.A au capital de 5 160 000 F
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS
Tél. : 01.44.84.84.84 - Fax : 01.42.41.89.40
Télex : 220 409 F
Principaux actionnaires :
M. Jean-Pierre VENTILLARD
Mme Paule VENTILLARD

Président du conseil d'administration
Directeur de la Publication :
Paule VENTILLARD
Vice-président :
Jean-Pierre VENTILLARD
Directeur général adjoint
Jean-Louis PARBÔT
Directeur de la rédaction
Bernard FIGHIERA (84.65)

Comité pédagogique :
G. Isabel, P. Rytter, F. Jongbloet,
E. Félice, B. Andriot
Maquette et illustrations :
R. MARAI

Marketing :
Corinne RILHAC (84.52)
Ventes :
Sylvain BERNARD (84.54)

Département publicité :
2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS
Tél. : 01.44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60
Directeur commercial
Jean-Pierre REITER (84.87)
Chef de publicité
Pascal DECLERCK (84.92)
Assisté de
Karine JEUFRALTY (84.57)

Abonnement
Anne CORNET (85.16)
Voir tarifs et conditions p.23
Prix de vente au numéro : 20 F
Commission paritaire N° 0699174699
Membre inscrit à Diffusion Contrôlée (OJD)

« Loi N° 49 956 du juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse » mai 1998.

Interphone filaire longue distance

Même si les interphones FM sont de plus en plus répandus, il est des situations dans lesquelles ils ne peuvent pas remplacer un interphone filaire traditionnel en raison des défauts inhérents à leur principe de fonctionnement.

Sans être exhaustif, on peut citer les situations suivantes : maison alimentée en triphasé qui nécessite alors le pontage des phases en haute fréquence pour assurer un fonctionnement correct des interphones FM ; présence dans le même local de plusieurs interphones FM ou de télécommandes à courants porteurs ; ou enfin lorsque la nécessité d'une bonne qualité de liaison s'impose. Par exemple, la surveillance d'une chambre d'enfant ou de malade la nuit s'accommode assez mal d'un interphone FM qui ronronne, souffle ou "crachote" à intervalles plus ou moins réguliers alors qu'un modèle filaire est parfaitement silencieux en de pareilles circonstances.

Comment ça marche ?

Pour simplifier sa pose, mais aussi parce que cela correspond en fait à la majorité des situations, notre interphone est un modèle "deux fils" avec un poste maître et un poste esclave. C'est donc le poste maître et lui seul qui assure la commutation parole - écoute. En contrepartie de cette légère contrainte, et avec du vulgaire scindex d'électricien, on peut installer notre interphone en quelques minutes et ce sur des longueurs de liaisons pouvant atteindre une centaine de mètres car nous travaillons à très basse impédance.

C'est en effet un haut-parleur qui est utilisé en guise de micro, aussi bien dans le maître que dans l'esclave ; l'interrupteur S1 parole -

écoute assurant tout simplement la permutation des ces deux éléments vis à vis de l'électronique associée. Afin d'assurer une bonne adaptation d'impédance, un transformateur est utilisé en entrée du montage et, comme les transformateurs audio, sont de plus en plus difficiles à trouver, nous avons fait appel à un banal transformateur d'alimentation. Le circuit intégré IC1 qui fait suite assure une préamplification du

signal de sortie de 9V. La diode D1 protège le montage des inversions de polarité éventuelles.

Le circuit imprimé sera placé dans le boîtier du poste maître qui contiendra également le haut-parleur HP2 et l'interrupteur S1. Le boîtier du poste esclave quant à lui ne contiendra que le haut-parleur HP1. La liaison entre les deux postes

être installé dans une ambiance

humide (cave ou garage par exemple) vous pouvez l'équiper d'un haut-parleur à membrane en mylar. On en trouve facilement et à bas prix chez de nombreux revendeurs et leur tenue à l'humidité est excellente.

Le fonctionnement du montage est assuré dès la mise sous tension et aucun réglage n'est à prévoir. Toutefois, si le gain vous semblait trop faible ou trop fort, vous pouvez retoucher la valeur de R5 ; une augmentation de cette dernière correspondant à une augmentation du gain.

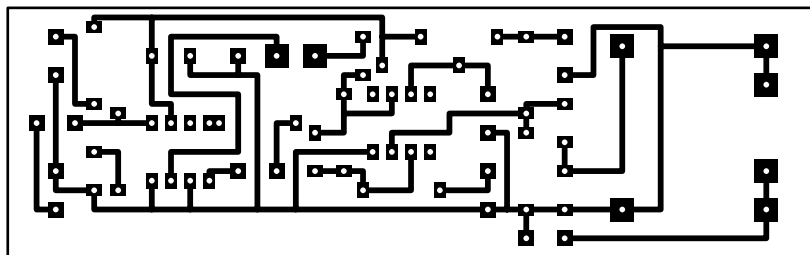


Fig 2 Impression Circuit imprimé, vu côté cuivre, échelle 1

signal délivré par le micro avant d'attaquer l'amplificateur "de puissance" après passage par le potentiomètre de volume P1. Les condensateurs C3 et C5 limitent quelque peu la réponse de l'ensemble en haute fréquence, minimisant ainsi d'éventuelles perturbations pouvant survenir sur les liaisons les plus longues.

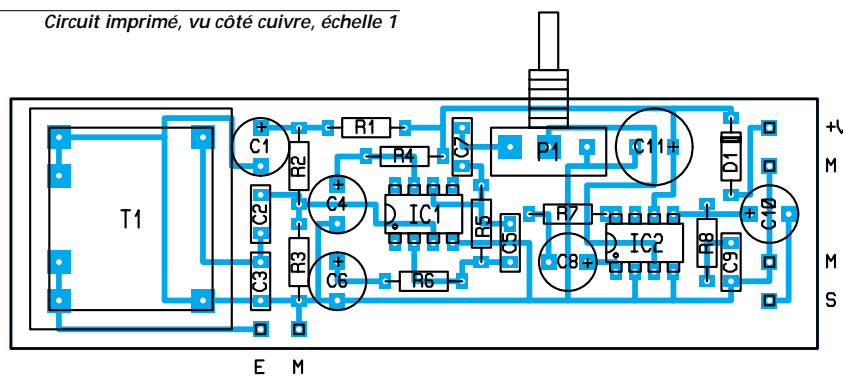


Fig 3 Implantation des composants

La réalisation

Notre circuit imprimé supporte tous les composants, potentiomètre de volume compris. Seuls les haut-parleurs, le commutateur S1 et l'alimentation sont externes. Cette dernière sera avantageusement réalisée avec un bloc secteur "prise de courant" capable de débiter 100 mA environ que l'on réglera sur une ten-

pourra être réalisée avec n'importe quel câble à deux conducteurs et, sauf si vous la faites passer dans des gaines contenant des câbles électriques parcourus par un courant important, elle pourra atteindre sans difficulté une centaine de mètres de longueur sans craindre de "ramasser de la ronflette". Les haut-parleurs seront n'importe quels modèles miniatures de 8 Ω d'impédance. Si le poste esclave doit

NOMENCLATURE

- IC1 : NE5534
- IC2 : LM386
- D1 : 1N4004
- R1, R5 : 1 kΩ 1/4 W 5%
- R2, R3 : 47 kΩ 1/4 W 5%
- R4 : 47 Ω 1/4 W 5%
- R6 : 100 Ω 1/4 W 5%
- R7 : 1,2 kΩ 1/4 W 5%
- R8 : 10 Ω 1/4 W 5%
- C1, C4 : 100 µF/25V chimique radial
- C2, C7 : 0,1 µF mylar
- C3 : 150 pF céramique
- C5 : 10 nF céramique ou mylar
- C6, C8 : 10 µF/25V chimique radial
- C9 : 47 nF mylar
- C10 : 220 µF/25V chimique radial
- C11 : 470 µF/25V chimique radial
- T1 : transformateur moulé 220V/6V/2VA environ
- P1 : potentiomètre rotatif logarithmique de 10 kΩ à implanter sur C1
- Supports de C1 : 2 x 8 pattes
- HP1, HP2 : haut-parleurs miniatures de 8 Ω, 200 mW
- S1 : commutateur 2 circuits 2 positions

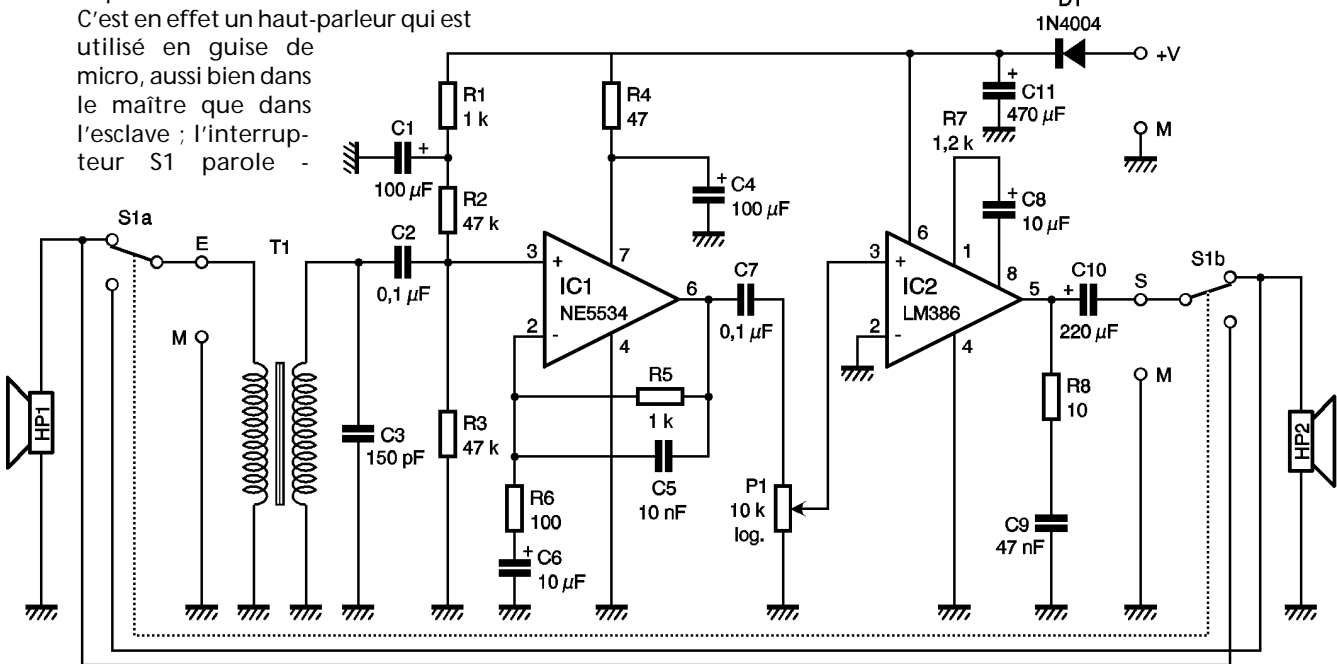


Fig 1 Schéma de principe

Un anémomètre à dynamo

Pour un moteur simple comme nous le préconisons, le champ magnétique fixe Φ est obtenu par un jeu d'aimants permanents. Puisque le nombre de spires N est fixe, la tension E récoltée est bien proportionnelle à la vitesse de rotation n. Pour accepter les deux sens de rotation pour notre capteur et nous affran-

La tension de sortie est dosée par l'ajustable P1 dont le curseur est simplement relié sur l'entrée du célèbre circuit LM3914. Il comporte 10 étages comparateurs et est chargé de piloter 10 diodes électroluminescentes en sortie, en limitant le courant dans chacune d'entre elles. A l'aide de l'ajustable P2, on pourra

Réalisation pratique

Tous les composants sont regroupés sur la plaquette imprimée dont le tracé à l'échelle 1 se trouve sur la figure 2. Les circuits intégrés sont montés sur des supports à souder de qualité. Le moteur à courant continu

peut aider à une exploitation agréable de cet ensemble simplement indicateur. Un étalonnage soigné pourra se faire par comparaison avec un appareil similaire digne de foi. Ou encore à bord d'un véhicule automobile avec l'aide d'une autre personne que le chauffeur, pour tenir le capteur hors de la fenêtre, mais si possible en l'absence de vent extérieur. Le strap prévu sur la borne 9 de IC2 permet d'obtenir soit un point qui se déplace ou un ruban de LED allumées (DOT ou BAR).

G. ISABEL

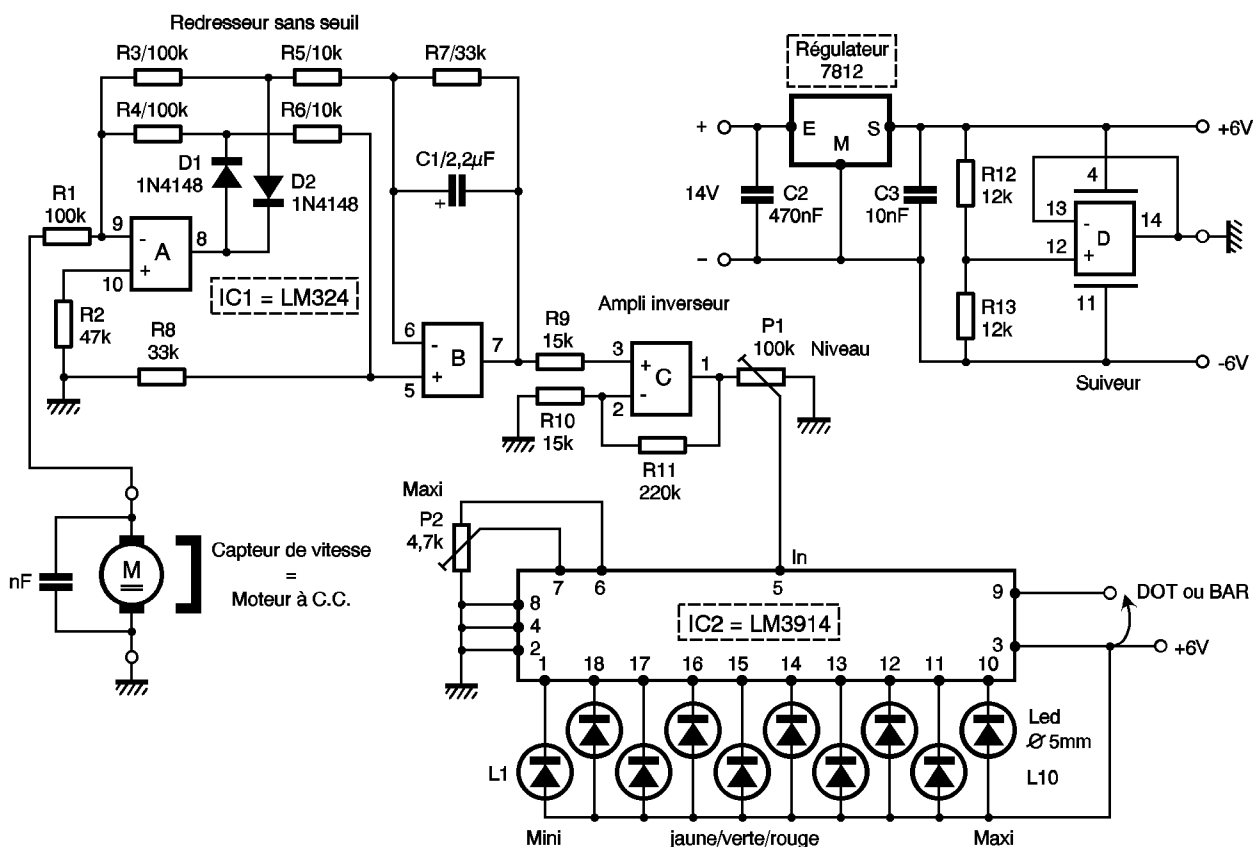


Fig 1

Schéma de principe

chir du seuil de quelques 600 mV inévitablement introduit par l'utilisation d'un pont de diodes, nous ferons appel à une application très pratique de l'Ampli-OP : le redresseur sans seuil. Il est construit sur le schéma figure 1 à partir des AOP A et B, prélevés dans le circuit IC1 qui en compte 4. La tension redressée est disponible sur la broche 7 quel que soit le sens de rotation du capteur de vent.

Un étage amplificateur lui fait suite afin de pouvoir disposer d'une tension continue suffisamment élevée pour attaquer un dispositif de visualisation. Le gain de cet étage inverseur dépend en grande partie de la valeur affectée à la résistance R11.

adapter le moteur choisi en dosant convenablement la valeur maximale atteinte à forte vitesse et en allumant la diode LED la plus haute, à savoir L10.

Puisqu'une alimentation symétrique est requise dans cette application, nous pourrons l'obtenir par le biais du diviseur de tension R12/R13 suivi d'un étage suiveur construit autour de l'AOP D. Une tension de 14V en entrée est nécessaire si l'on souhaite utiliser pleinement les services du régulateur 7812. Un modèle 7809 peut être utilisé, autorisant une tension d'entrée de 12V seulement ; dans ce cas, la tension de sortie sera bien entendue limitée à +/-4,5V.

choisi est primordial pour une bonne sensibilité de l'anémomètre. Il devra être très libre en rotation et produire une tension de plusieurs dizaines de millivolts dans les deux sens de rotation. Un condensateur non polarisé de faible valeur sera soudé directement entre ses bornes pour atténuer quelque peu l'effet de parasites toujours possibles. Le réglage consiste à obtenir, à vitesse maximale, l'allumage des LED les plus éloignées, à savoir L9 et L10. Un choix judicieux des couleurs de LED

VERS LE MOTEUR A CC = CAPTEUR

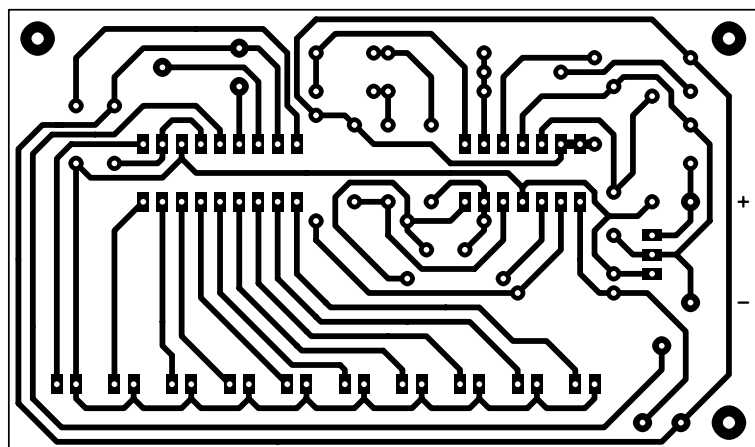


Fig 2

Tracé du circuit imprimé

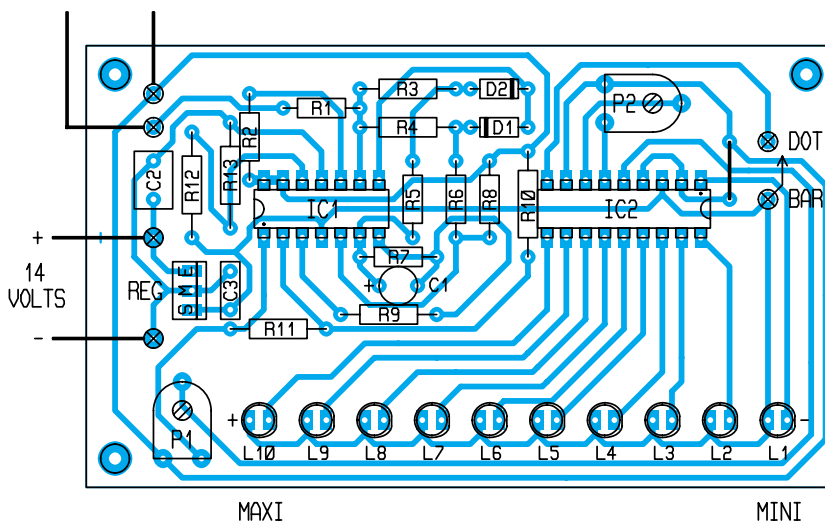


Fig 3

Implantation des éléments

NOMENCLATURE

- IC1 : quadruple Ampli-OP LM324
- IC2 : chaîne de comparateurs linéaires LM3914
- 1 régulateur intégré 12V positifs 7812, boîtier TO220
- D1, D2 : diodes commutation 1N4148
- L1 à L10 : diodes électroluminescentes 5 mm, verte, jaune, rouge
- R1 : 100 k Ω 1/4 W
- R2 : 47 k Ω 1/4 W
- R3, R4 : 100 k Ω 1/4 W
- R5, R6 : 10 k Ω 1/4 W
- R7, R8 : 33 k Ω 1/4 W
- R9, R10 : 15 k Ω 1/4 W
- R11 : 220 k Ω 1/4 W
- R12, R13 : 12 k Ω 1/4 W
- P1 : ajustable horizontal 100 k Ω (sensibilité)
- P2 : ajustable horizontal 4,7 k Ω (maxi)
- C1 : 2,2 μ F/25V chimique vertical
- C2 : 470 nF plastique
- C3 : 10 nF plastique
- + 1 nF sur le moteur
- 1 support à souder 14 broches
- 1 support à souder 18 broches
- 1 moteur à C.C à aimant permanent + hélice picots à souder

Impression



QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ?

Concevoir et réaliser son site Internet

(1ère partie)

De nombreux stages de formation, relatifs au développement de sites Internet, seront mis en place au cours de cette nouvelle année scolaire. Si, comme la plupart d'entre nous, vous n'avez pas la chance d'en être l'heureux bénéficiaire ou êtes simplement curieux, vous apprécierez cette petite série d'articles qui vous permettront de mettre en place un projet Internet dans votre collège ou de construire votre site personnel.

■ Typologie des activités sur Internet

Robert BIBEAU, (chef du service multimédia et de l'édition de sites d'information sur Internet au ministère de l'Éducation du Québec, exerçant dans le domaine des technologies de l'information et de la communication en éducation depuis 1983), a défini une typologie des activités liées au Web. La première catégorie de cette typo-

logie rassemble les activités de communication interpersonnelle. On pense ici à la messagerie électronique, de loin le service Internet le plus largement utilisé avec ses milliards de messages qui transitent de par le monde. L'élève seul ou en groupe, communique avec d'autres élèves, avec un tuteur ou avec un expert.

La deuxième est relative aux activités de cueillette et de partage d'information. Elle concerne les sites créés pour la diffusion d'informations sur un thème ou une activité. La troisième catégorie regroupe toutes les activités de résolution de problèmes, qui comportent des tâches qu'effectuent des élèves afin de mener à bien un travail collectif (ce que nos collègues suisses appellent l'intelligence partagée), comme participer à l'élaboration d'un récit collectif ou résoudre les énigmes posées par des personnages d'un autre temps, vivant dans un village virtuel.

La quatrième catégorie d'activités pédagogiques sur le Web est consacrée à "l'édition et à la publication". Enfin, la cinquième catégorie concerne "l'auto-apprentissage" qui a pour objectif la gestion autonome des ressources d'Internet. Il va de soi que certains projets correspondent à plusieurs de ces catégories. Pour élaborer votre site, il conviendra donc de définir ce que vous désirez proposer en tenant compte de vos ressources matérielles et humaines.

■ Un travail basé sur la coopération

La création d'un site Internet peut devenir un projet de travail coopératif extrêmement puissant, ouvert aux acteurs les plus divers de la vie

d'un établissement scolaire. Il permet de planifier et segmenter le travail en une série de tâches élémentaires qui exploitent au

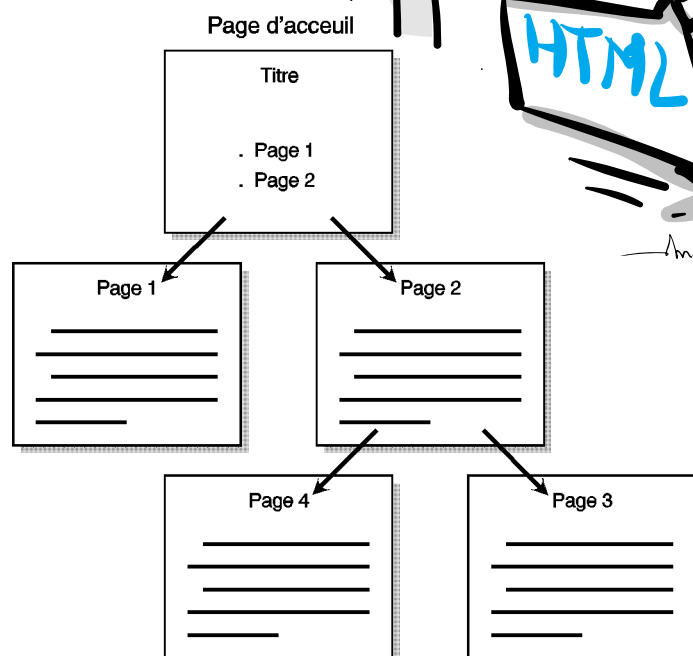
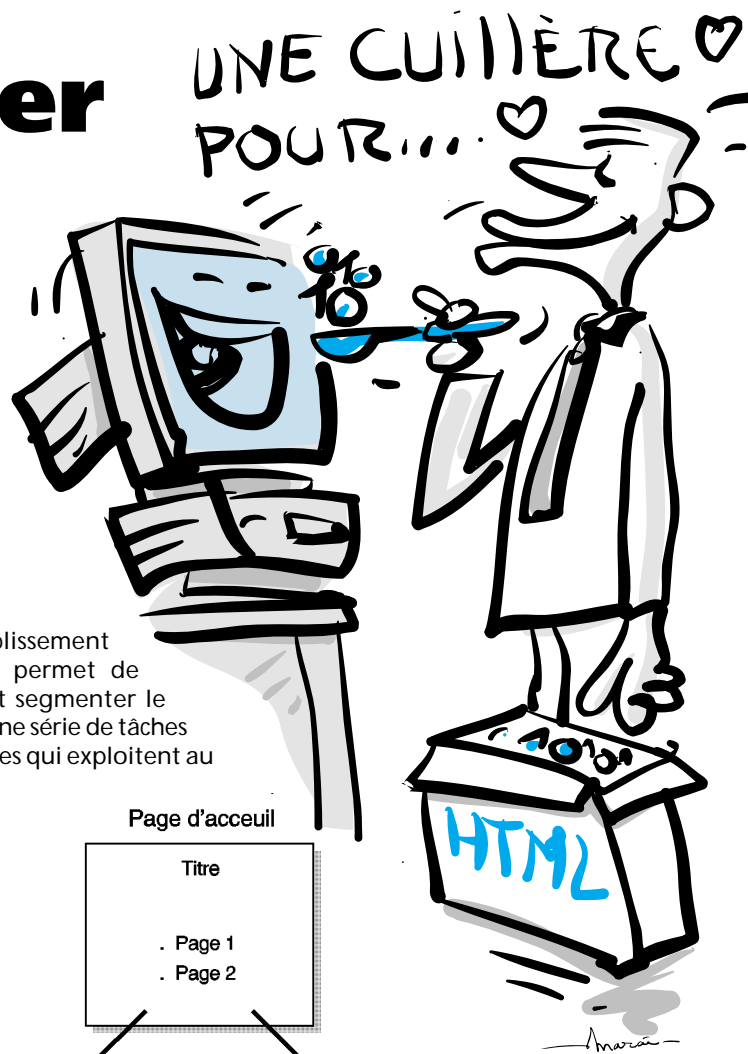


Fig 2

Structure hiérarchique

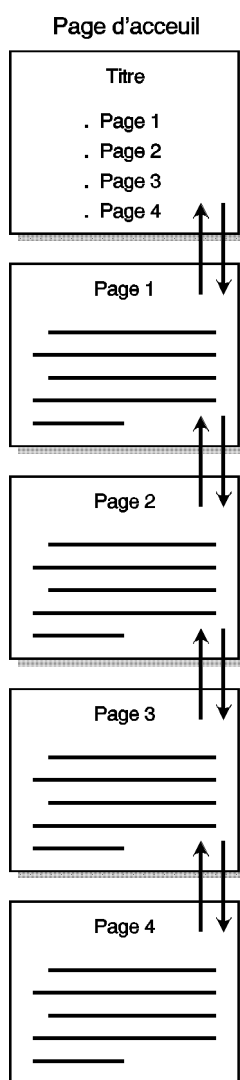


Fig 1

Structure linéaire

mieux les compétences de chacun. Il convient donc de déterminer les différents aspects de la création d'un site avec :

- Les moyens dont dispose l'établissement, ce qui recouvre le nombre de points de connexion, le type de machines disponibles sur chaque point, leur accessibilité (horaires et nombres de personnes), les logiciels disponibles ainsi que les outils périphériques comme le scanner ou l'appareil photo numérique mis à disposition par les centres de formation, empruntés, loués ou achetés. Il va de soi que la proximité d'un Centre Départemental de Documentation Pédagogique constitue un atout en matière de ressources, car ils sont pourvus depuis cette rentrée d'un poste d'enseignant d'ingénierie éducative, dont la principale fonction est d'aider à la mise en place de projets faisant intervenir les technologies nouvelles.

- Les compétences des acteurs du site et leur disponibilité. Un projet ne pourra aboutir que s'il est bien ciblé par rapport à ce que chacun peut apporter.

- La durée d'existence du site souhaitée, son suivi et les mises à jour.

■ Construire son premier site

Nous avons choisi d'illustrer cette rubrique avec un premier exemple de site, lequel ne nécessite qu'une compétence limitée dans l'utilisation des différents outils de création. Entre l'élaboration d'un site "plaque" (dont le seul objectif est d'afficher la présence de l'établisse-

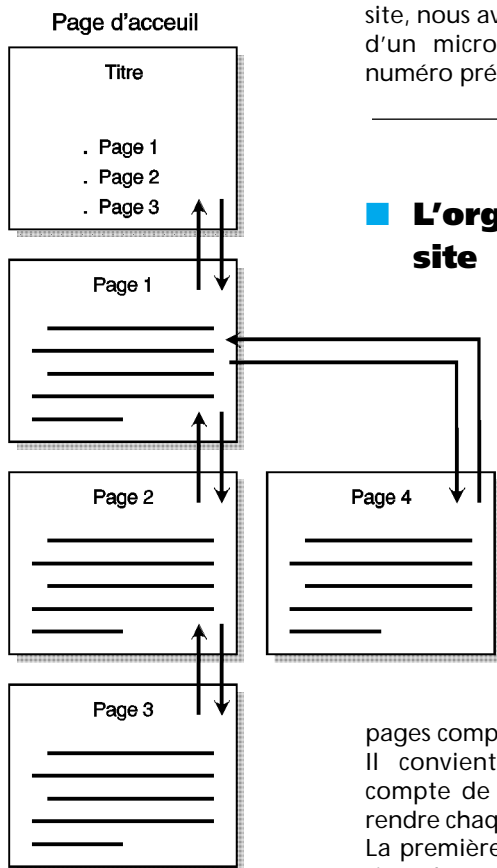


Fig 3 Structure linéaire avec alternatives

ment sur le Web) et le site pédagogique, nous avons opté pour le second qui offre plus de richesses aux intervenants du projet.

Notre projet consiste à créer un site qui reprenne le contenu d'un texte informatif qu'un groupe d'élèves serait susceptible de rédiger. Il peut s'agir d'un journal composé d'un nombre défini de rubriques (ce qui implique une mise à jour périodique) ou d'un rapport d'activité dans le cadre d'une recherche à plus long terme (histoire, création d'un texte ou d'une pièce de théâtre, projet techno, etc.). Pour le contenu du

site, nous avons choisi la réalisation d'un microphone parue dans le numéro précédent de G.E.

L'organisation du site

Le site peut consister en une simple page d'accueil sur laquelle on se déplace avec les ascenseurs. Mais il est toujours préférable de renoncer à cette solution minimale qui s'avère relativement pénible à l'usage, pour privilégier un découpage par pages complètes.

Il convient cependant de tenir compte de 2 règles de base pour rendre chaque page agréable à lire. La première consiste à intégrer un titre, l'en-tête du chapitre ou du paragraphe affiché en haut de chaque page, ainsi qu'un renvoi vers la page d'accueil ou précédente (pour mémoire, la page d'accueil est la première page qui s'affiche lors d'une consultation de votre site). La seconde consiste à ménager votre futur lecteur en tenant compte du fait qu'il doit pouvoir afficher l'intégralité du contenu de chaque page dans la fenêtre de son navigateur sans recourir aux ascenseurs.

Il faut donc effectuer un découpage du texte en conséquence, puis chercher le type de structure de présentation le plus approprié. Ces structures peuvent être simples ou mixtes.

La structure linéaire (figure 1) consiste à placer les pages les uns à la suite des autres afin d'apporter les éléments d'information pas à pas. Avec la structure hiérarchique (figure 2) on laisse le lecteur libre de cheminer dans un parcours constitué de nœuds décisionnels. On force cependant l'évolution de la consultation des pages par une lecture descendante (ce type de site peut parfaitement convenir à un projet qui consiste à écrire une "histoire dont vous êtes le héros"). La structure linéaire avec alternatives (figure 3) permet d'ajouter des éléments qui vont enrichir la consultation séquentielle des pages, sans pour autant briser son rythme. Enfin, la structure Web (figure 4) autorise le maximum de déplacements dans votre site, ce qui permet de multiplier les pistes d'une réflexion. Ce type de projet convient parfaitement au compte rendu d'une exposition d'arts plastiques ou à la mise en relation de quelques acteurs périphériques à un sujet donné (en histoire, technologie, etc.)

Le langage de description

Pour afficher des pages sur le Web, il faut recourir à un langage de description dont le rôle consiste à placer le texte, les images ou les fichiers vidéos au bon endroit sur l'écran (ce que certains appellent le "formatage"). Parmi les principaux langages on trouve le SGML, le VRML et le HTML.

Le SGML (Standard Generalized Markup Language) est un langage qui apparaît comme une alternative possible au HTML car il offre de

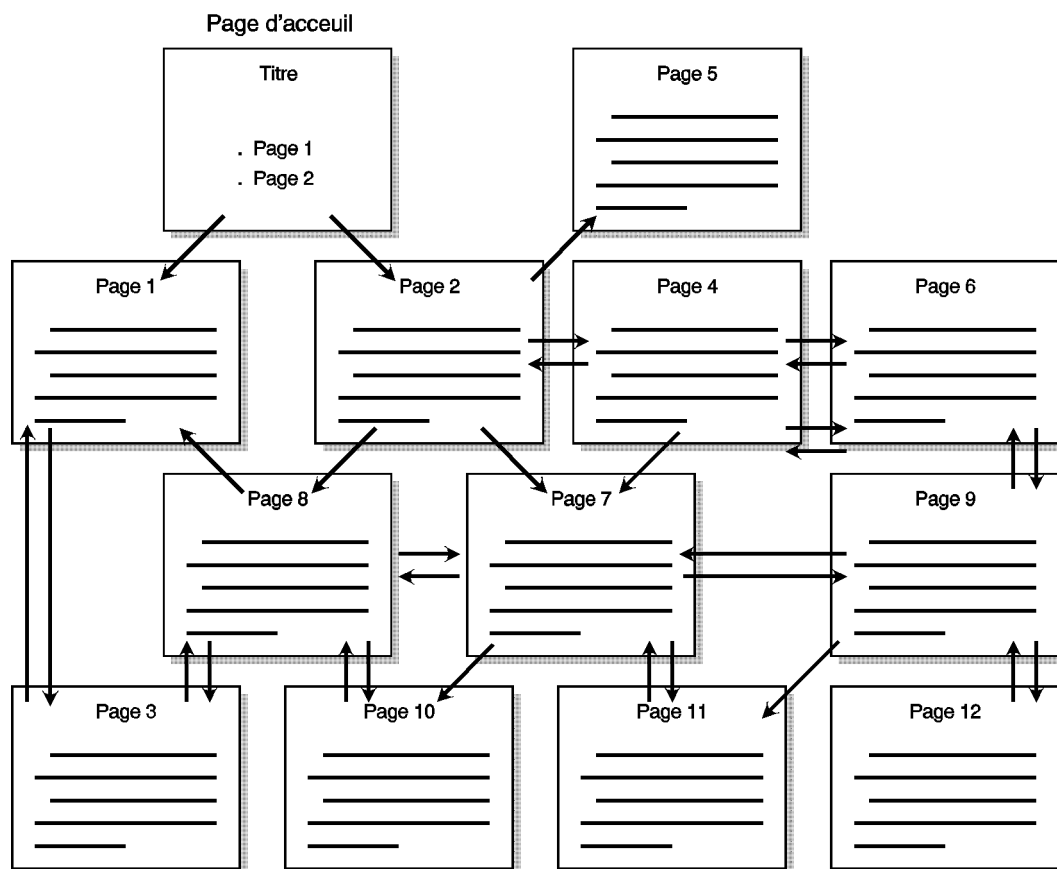


Fig 4

Structure WEB



Fig 5 Exemple

grandes possibilités dans la gestion de l'affichage des textes et des images, mais il est quelque peu distancé.

Le VRML (Virtual Reality Markup Language) est, quant à lui, plutôt réservé aux sites essentiellement graphiques car il permet de décrire des univers en 3D au sein desquels on évolue. Particulièrement apprécié par les créateurs de lieux publics, comme des villes ou des supermarchés, il requiert quelques connaissances en matière de gestion des espaces de rencontre basés sur la réalité virtuelle.

C'est donc vers le HTML (Hyper Text Markup Language) que nous nous tournerons. Il présente l'avantage d'utiliser le code ASCII standard, ce qui lui permet de créer le fichier de description des pages à partir de n'importe quel programme de traitement de textes. Il reste cependant assez rébarbatif si on l'utilise sous sa forme la plus dépouillée, c'est à dire en écrivant tous les éléments qui définissent une page.

Voici par exemple, le code HTML qui correspond à l'affichage de l'écran de la figure 5 :

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Créer une page
Web</TITLE>
</HEAD>
<BODY TEXT=#000000 BGCO
LOR=#ffffff>

<B><U><P>Créer une page
Web.</P>
</B></U><P>&nbsp;</P>
<P>Ceci est une page Web!</P>
<P>&nbsp;</P>
</BODY>
</HTML>
```

Ce code, rébarbatif au premier abord, est extrêmement chargé du fait des différents marqueurs (ou tags) qu'il faut inclure. Ces marqueurs sont délimités par les signes '<' et '>', comme par exemple le marqueur de paragraphe <P>.

Vous comprendrez aisément qu'un projet nécessitant plusieurs pages peut devenir extrêmement ardu à mettre en œuvre du fait du foisonnement de marqueurs qu'il inclut. L'astuce consiste donc à utiliser un éditeur HTML grâce auquel vous pourrez écrire directement le texte et ajouter les images, un sujet qui sera développé dans le prochain numéro de G.E.

Construire un mini-labo électronique

(module 6)

Un compteur décompteur à 2 chiffres

Avec l'avènement des systèmes informatisés et les applications industrielles ou domestiques de l'électronique, nous avons tous été confrontés un jour ou l'autre à un système de comptage original qui visualise sous une forme digitale ou numérique tous les chiffres à afficher. Citons les multimètres, réveils, montres en tout genre, thermomètres et autres compteurs.

Nous vous proposons aujourd'hui d'agrandir notre mini-labo en lui adjoignant un petit module capable de présenter un comptage de 0 à 99. Il recevra des impulsions régulières, mais pourra opérer à la demande un décomptage ou encore débiter à une position quelconque grâce à un système de prépositionnement. Il ne sera guère difficile d'agrandir ce module pour parvenir à une capacité de comptage plus importante,

par exemple en associant deux exemplaires du système construit.

Le compteur-décompteur 4029

Voici un composant très courant, et particulièrement intéressant à

mettre en œuvre. Il s'agit d'un circuit à 4 sorties, sachant donc compter ou décompter (on peut dire également incrémenter et décrémenter), aussi bien d'ailleurs en mode binaire de 0 à 15 qu'en mode BCD (= BINARY CODED DECI-

MAL) de 0 à 9. De plus, suprême raffinement, le contenu du compteur est prépositionnable sur n'importe quelle position et, ce, à tout

moment du cycle de comptage. Il s'agit d'un circuit intégré CMOS en boîtier DIL16 acceptant donc une tension d'alimentation de 3 à 18V.

Le schéma d'application proposé est donné à la figure 1 et se caractérise surtout par sa parfaite symétrie au niveau du traitement des unités et des dizaines. Pour choisir le mode de comptage, il suffit de présenter sur la broche 9 de IC1 et IC2 (= B/D) un niveau logique selon la règle suivante :

niveau 0 ou masse = comptage BCD de 0 à 9 ou de 0000 à 1001 sur 4 bits
niveau 1 ou +V = comptage binaire de 0 à 15 ou de 0000 à 1111 sur 4 bits

Nous avons choisi le mode BCD puisque le chiffre des unités ou des dizaines sera visualisé sur un affi-

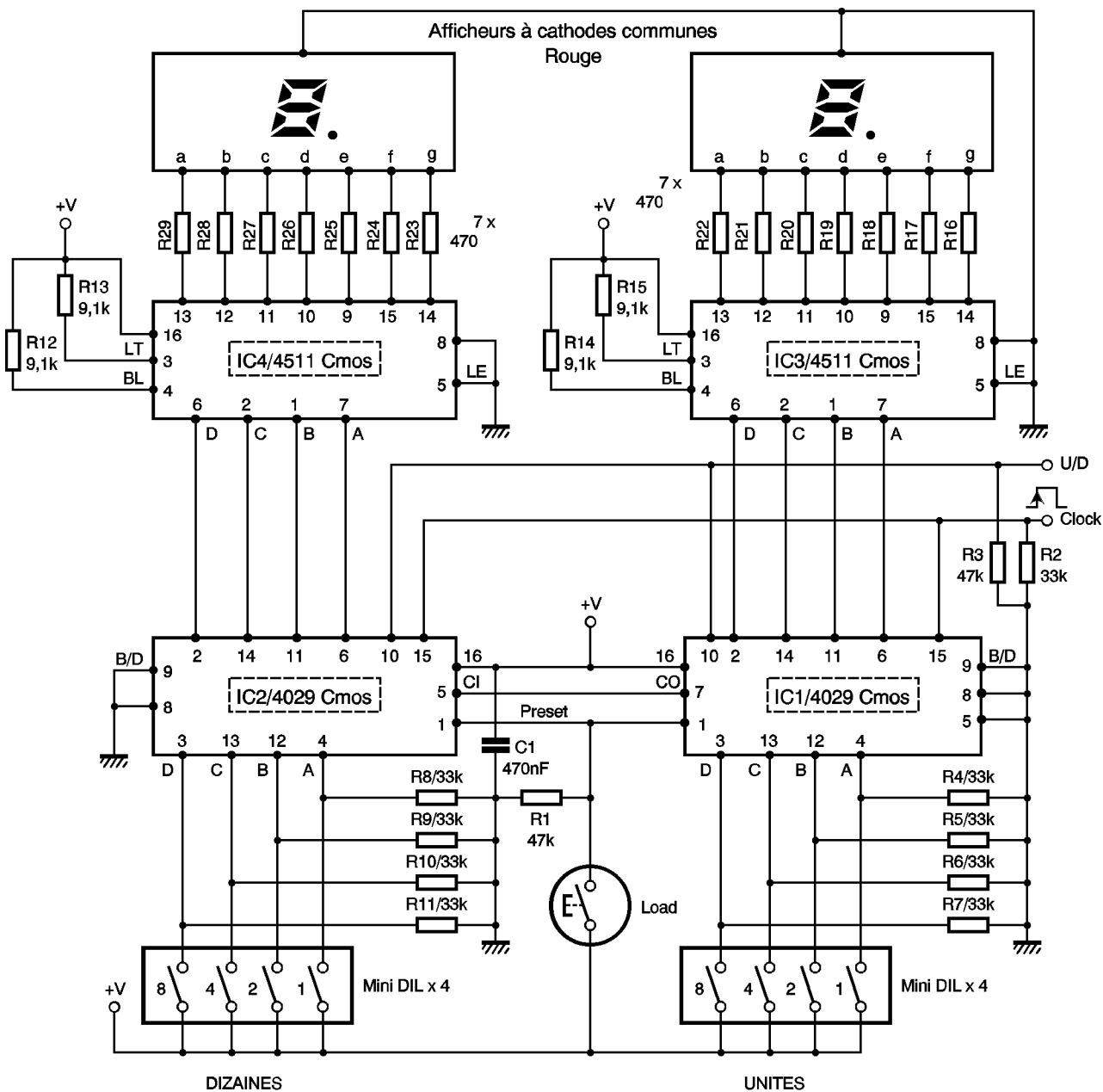
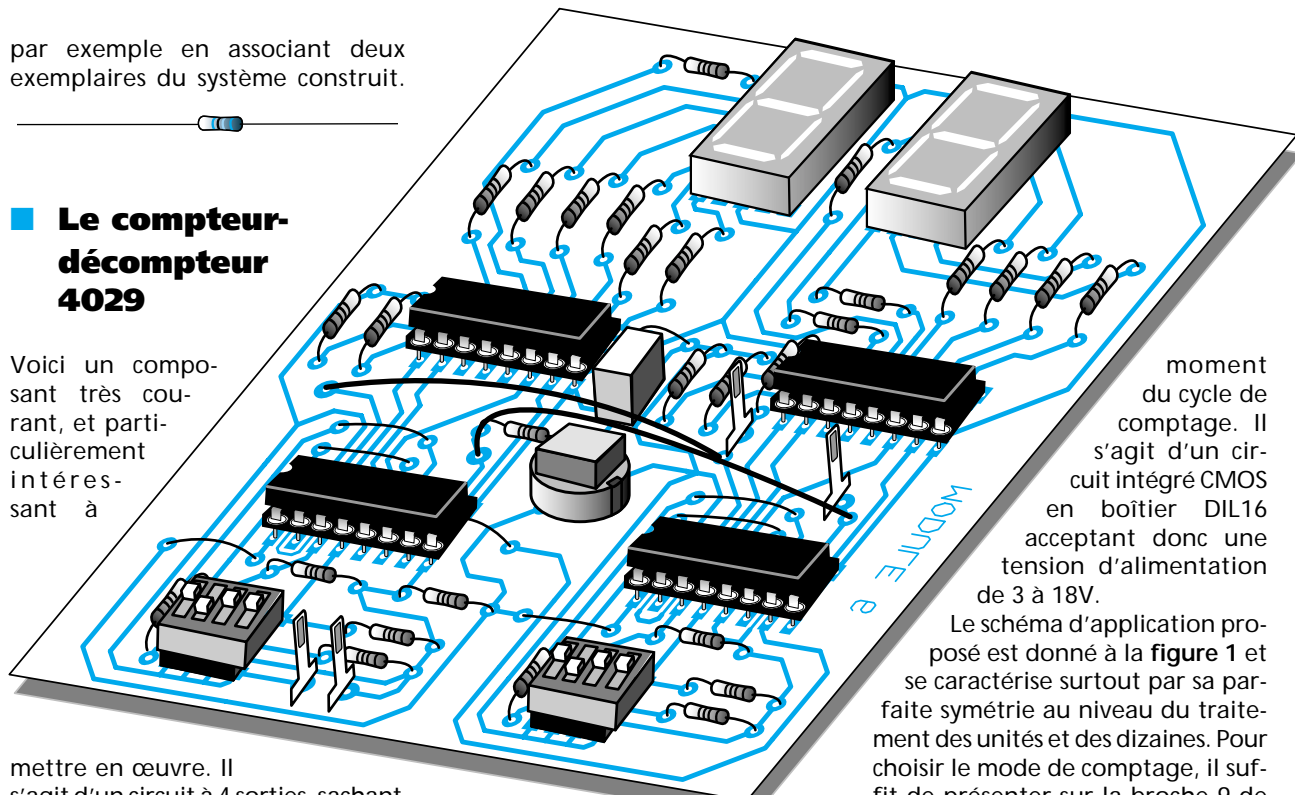


Fig 1

Schéma de principe

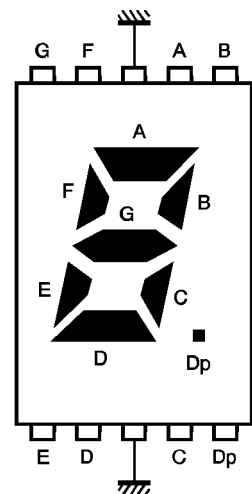


Fig 2

Brochage afficheur

cheur à 7 segments capable de restituer les chiffres de 0 à 9 seulement. Parlons à présent du prépositionnement : pour faciliter cette procédure, nous avons prévu de raccorder les entrées 4, 12, 13 et 3 sur un bloc de 4 interrupteurs miniatures qu'il suffira de programmer selon la progression binaire pour former un nombre de 0 à 9 sur 4 bits. Les poids binaires sont, bien entendu, égaux à 1, 2, 4 et 8. Après programmation, une impulsion brève sur le poussoir LOAD «charge» cette valeur de départ dans les circuits compteurs IC1 et IC2 ; les sortie DCBA de ces deux circuits présentent ensuite la valeur binaire souhaitée sur les broches 6, 11, 14 et 2, dans l'ordre des poids binaires. Si on applique un niveau bas sur les 4 entrées de pro-

grammation, on peut utiliser le poussoir LOAD comme une commande de RAZ. La modification du code sur les mini-DILS ne perturbe en rien le fonctionnement des compteurs, car il n'y a que l'action sur le poussoir qui soit déterminante et prioritaire. D'ailleurs au repos, la broche 1 se doit de rester au niveau bas sous peine de bloquer le comp-

nécessaire ici, car un nombre binaire sur 4 bits ne peut commander directement les 7 broches des divers segments de l'afficheur. Il faudra faire appel à un circuit décodeur de nature CMOS et portant la référence 4511. Il comporte quelques particularités remarquables. Tout d'abord, chaque segment sera relié à ce circuit par l'intermédiaire d'une résis-

C'EST LA NOUVELLE TELEGRAPHISTE ?

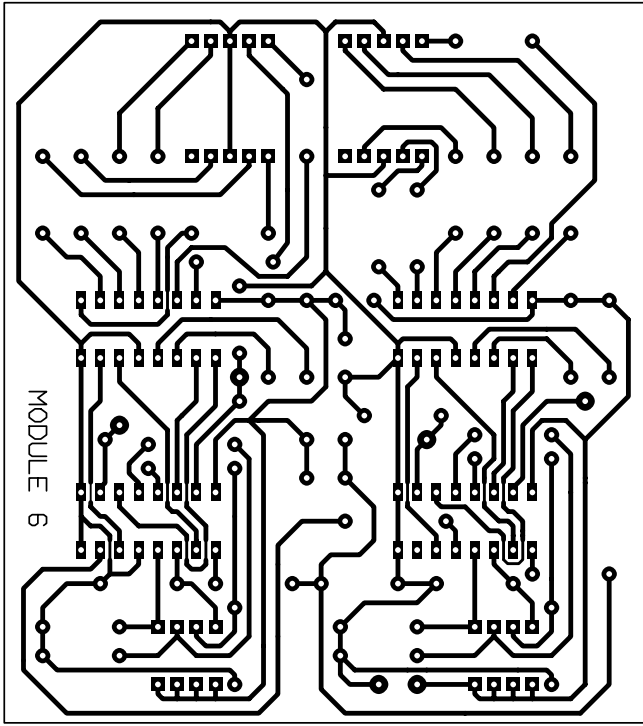
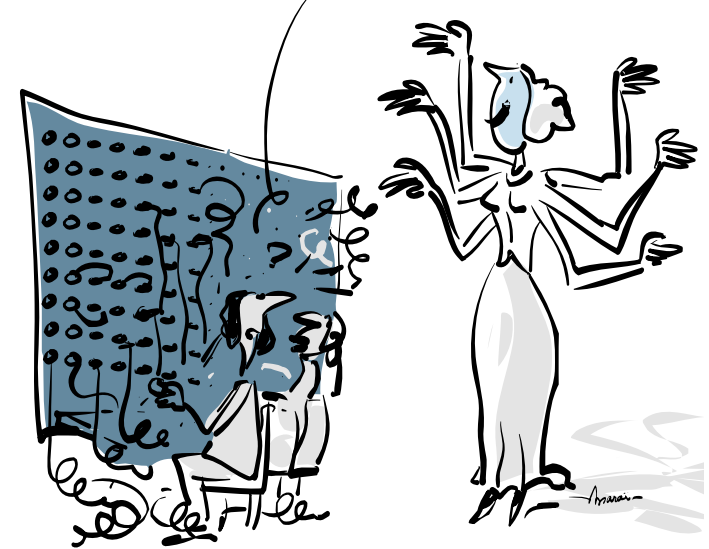


Fig 3 Impression Tracé du circuit imprimé

tage. Nous attirons votre attention sur le fait que le circuit compteur des unités est relié au circuit des dizaines par le biais des broches 5 et 7. Lorsque les unités passeront de 9 à 10, il y aura retenue et passage au premier chiffre des dizaines pendant que les unités se positionnent sur le chiffre zéro.

Les entrées de comptage des deux circuits (broches 15) sont réunies et forcées à la masse par la résistance R2. La commande des compteurs se fera au moment du front positif d'un signal carré extérieur appliqué sur cette broche, mais surtout un signal exempt de tous rebonds intempestifs qui seraient également pris en compte. Les broches 10 affectées au sens du comptage (UP ou DOWN) sont reliées également entre elles. Si un niveau haut est appliqué sur ces broches, le comptage sera croissant ou incrémental. En l'absence de signal au niveau 1, la résistance R3 présente, elle, un niveau bas qui sélectionne le mode de décomptage. Notre précédent générateur d'états logiques sera parfaitement adapté à cette commande.

Le décodeur BCD/7 segments 4511

Nous allons utiliser deux afficheurs à 7 segments bien connus. Chaque segment porte une lettre de A à G et selon une disposition universellement admise. Notre modèle sera à cathodes communes, c'est à dire qu'une broche de chaque LED sera reliée à la masse commune du montage. Une conversion de code est

nécessaire ici, car un nombre binaire sur 4 bits ne peut commander directement les 7 broches des divers segments de l'afficheur. Il faudra faire appel à un circuit décodeur de nature CMOS et portant la référence 4511. Il comporte quelques particularités remarquables. Tout d'abord, chaque segment sera relié à ce circuit par l'intermédiaire d'une résis-

les valeurs à l'entrée, permettant un véritable stockage de l'information binaire. Pour ce faire, il serait nécessaire de relier cette broche au niveau haut. Le blocage de l'affichage et sa mise à jour périodique permet d'obtenir une lecture aisée en cas de multiplexage et sans clignotement désagréable. Aucune liaison n'existe entre les décodeurs IC3 et IC4 qui obéissent à leur compteur respectif.

Réalisation pratique

La totalité des composants du schéma proposé se retrouve sur la plaquette de cuivre donnée à la figure 2 à l'échelle 1. Nous ne saurions trop vous conseiller d'avoir recours au procédé photographique pour réaliser votre circuit imprimé en raison, notamment, des nombreuses et fines pistes de cuivre. Il serait judicieux de faire apparaître

le contenu des afficheurs en face avant d'un petit coffret adapté. Les bornes de commande U/D et CLOCK aboutiront sur une borne normalisée, tandis que l'alimentation du montage sera confiée à une tension de 12V disponible sur le module 1. Pour augmenter la capacité du compteur, pensez à relier toutes les bornes 15 entre elles, ainsi que les bornes 1 et 10 de la même manière. La sortie 7 des dizaines sera reliée à l'entrée 5 des centaines et ainsi de suite. Deux straps souples en plus des straps rigides sont présents sur la maquette pour permettre, à l'utilisateur, de modifier ou compléter cette maquette. Aucun réglage n'est à prévoir et, si le travail a été soigneusement réalisé avec des soudures minutieuses, un fonctionnement immédiat est assuré. Vous pourrez compter des impulsions avec un capteur adapté ou même la fréquence d'un signal si le comptage a lieu pendant une seconde exactement.

G. ISABEL

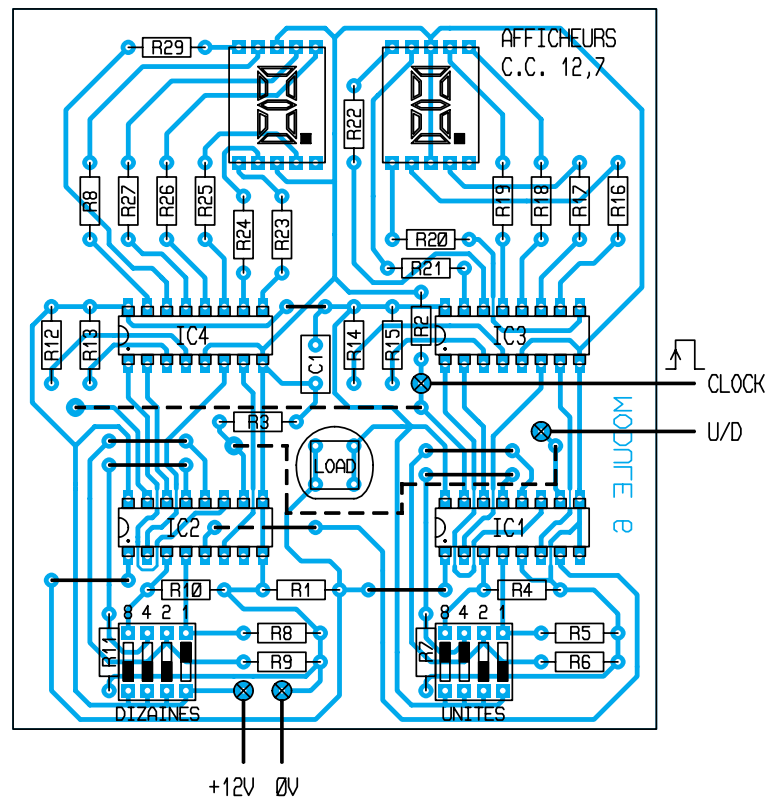


Fig 4 Implantation des éléments

NOMENCLATURE

IC1, IC2 : compteurs décompteurs prépositionnables CMOS 4029
 IC3, IC4 : décodeurs BCD/7 segments CMOS 4511
 2 afficheurs rouges à cathodes communes, chiffres de 13mm
 R1, R3 : 47 kΩ 1/4 W (jaune, violet, orange)
 R2, R4 à R11 : 33 kΩ 1/4 W (orange, orange, orange)
 R12 à R15 : 9,1 kΩ 1/4 W (blanc, marron, rouge)
 R16 à R29 : 470 Ω 1/4 W (jaune, violet, marron)
 C1 : 470 nF/63V plastique
 4 supports à souder 16 broches tulipe
 1 poussoir miniature pour C.I.
 2 blocs de 4 inter mini-DIL Picots à souder, fil souple

Étude d'un amplificateur à transistor FET

Le précédent article, relatif aux transistors à effet de champ, nous a permis d'aborder l'aspect résistance variable de ces composants. Notre propos de ce jour concernera le second mode de fonctionnement évoqué lors de la présentation générale, à savoir la fonction amplificatrice.

■ Caractéristiques et point de repos

Avant d'utiliser un transistor FET dans un montage, il convient d'en connaître les caractéristiques. Le premier travail consiste par conséquent à relever celles-ci. En utilisant le montage publié en septembre, on peut aisément tracer la courbe $I_d=f(V_{ds})$ pour $V_{ds}=9V$. Ce tracé nous permet de connaître les valeurs

situant dans la zone linéaire de la caractéristique $I_d=f(V_{gs})$. En choisissant le point M de coordonnées (-0,6V ; 2,2mA) qui est à mi-chemin des extrémités du domaine linéaire, on a toutes les chances d'obtenir un résultat correct.

Pour que la tension de repos V_{gs0} soit négative, sans qu'il soit néces-

modifie en rien le point de repos du transistor puisque la jonction grille/source est bloquée et que de ce fait $I_g=0$. Le potentiel de la grille reste donc égal à celui de la masse pour le continu. Pour conserver au montage les avantages offerts par la forte résistance d'entrée du FET, on prend pour R_g une résistance de valeur au moins égale à 1 M Ω . Le montage de la figure 3, que nous avons complété avec la résistance de drain R_d et l'alimentation V_{cc} , tient compte de cette solution.

Côté sortie, nous savons qu'en classe A le point de repos choisi doit se trouver au milieu de la droite de charge. En partant d'une alimentation V_{cc} de 9V, cela correspond à une valeur V_{ds0} (au repos) égale à 4,5V pour un courant I_{d0} de 2,2 mA (ordonnée de M et M'). En tenant compte de l'équation de la droite de charge statique (Δ_s) $I_d = (V_{cc} - V_{ds}) / (R_s + R_d)$ qui passe par le point P de coordonnées $V_{ds}=V_{cc}$ pour $I_d=0$, et par le point de repos M', nous en déduisons que $(R_s + R_d) = 4,5V / 2,2 \text{ mA} = 2000 \Omega$. Comme $R_s = 270 \Omega$, nous en tirons $R_d = 1730 \Omega$ soit 1,8 k Ω en valeur normalisée.



découplage, on doit s'arranger pour que son impédance pour la plus faible fréquence de travail, soit 100 fois plus faible que la résistance qu'il doit découpler. Ce raisonnement conduit à la formule $C > 100 / (6,28 f R)$.

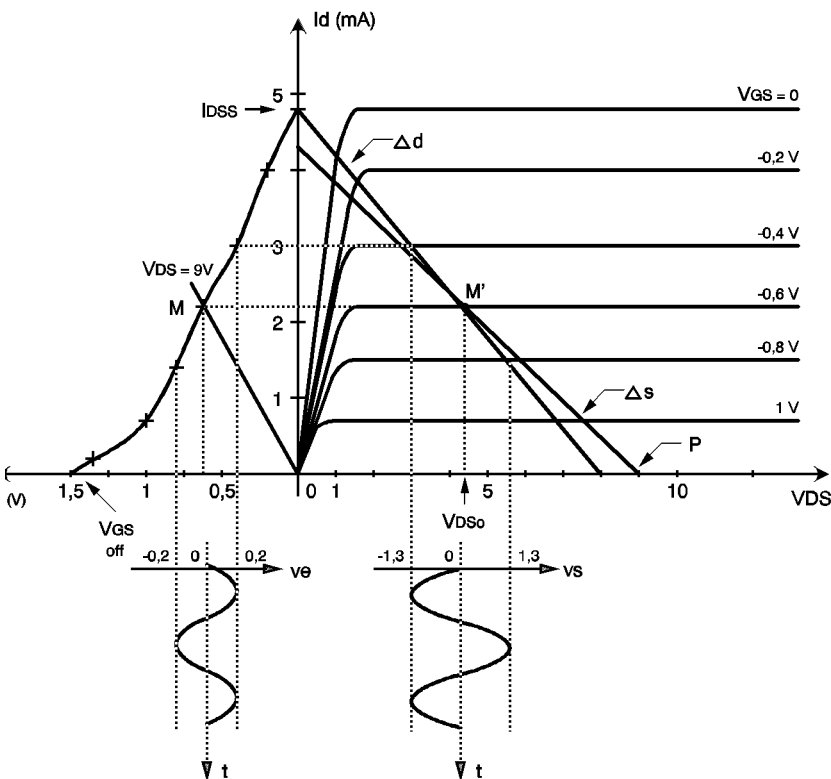


Fig 1 Caractéristiques du FET utilisé

de V_{gs0} et de I_{dss} . Comme les caractéristiques $I_d=f(V_{ds})$ correspondent à différentes valeurs de V_{gs} sont quasiment des droites horizontales pour les valeurs de V_{ds} supérieures à la tension de pincement ($V_p \approx V_{gs0}$), on peut extrapoler ces caractéristiques à partir des valeurs de I_d obtenues pour $V_{ds}=9V$. Le résultat est proposé à la figure 1. Les courbes $I_d=f(V_{ds})$ obtenues par extrapolation s'éloignent très peu de la réalité que l'on peut toujours obtenir en réalisant un montage expérimental sur plaques de connexions.

Dans la suite de cet exposé, nous utiliserons l'indice "o" pour caractériser une grandeur continue correspondant au point de repos (ex I_{d0}). Une fois le réseau de caractéristiques connu, la réalisation d'un amplificateur travaillant en classe A, impose le choix d'un point de repos se

saire de faire appel à une alimentation négative, on relie la grille à la masse ($V_g=0V$) et on polarise positivement la source par rapport à celle-ci. Cela donne naissance au montage de la figure 2. Le courant traversant la résistance R_s étant égal au courant de drain I_d , la tension V_{sm} qui est aussi égale à l'opposé de V_{gs} s'écrit $V_{sm} = -V_{gs} = R_s I_d$. Avec les coordonnées du point M, nous trouvons $R_s = V_{gs0} / I_{d0} = 0,6V / 2,2 \text{ mA} = 272 \Omega$. Une valeur normalisée de 270 Ω convient parfaitement.

Si ce mode de polarisation est commode à mettre en œuvre, il interdit de prendre la grille comme électrode d'entrée pour les signaux à amplifier (comme on le fait avec la base d'un transistor bipolaire) puisque celle-ci est reliée à la masse du montage. Pour résoudre ce problème, on dispose une résistance R_g entre la grille et la masse. Cela ne

■ Les trois types d'amplificateur

Suivant l'application envisagée, les signaux d'entrée d'un amplificateur à FET sont appliqués à sa grille ou à sa source et ceux de sortie sont récupérés sur le drain ou sur la source. La troisième électrode est généralement reliée à la masse par un court-circuit quand la résistance n'est pas indispensable à la polarisation du montage (cas de R_g dans le montage grille commune ou de R_d dans le montage drain commun) ou découplée par un condensateur (cas de R_s pour le montage source commune) comme le montrent les figures 4 a, b, c qui correspondent respectivement aux montages source commune, drain commun et grille commune. Pour connaître la valeur à adopter pour un condensateur de

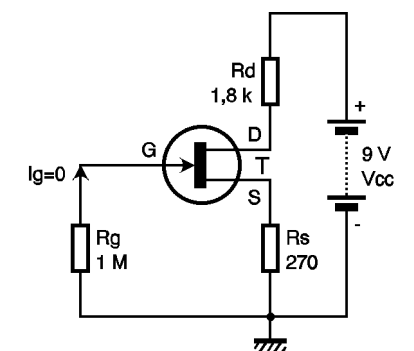


Fig 3 Polarisation du FET canal N

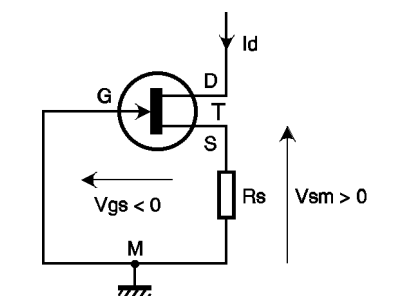


Fig 2 Obtention de $V_{gs} < 0$ avec une résistance R_s

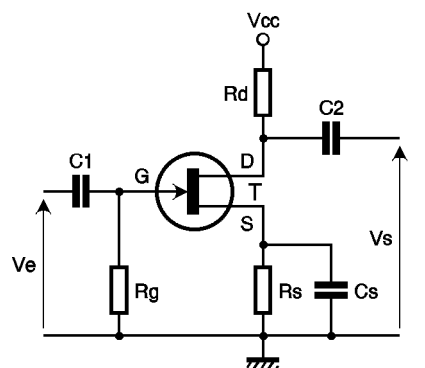


Fig 4a Montage source commune

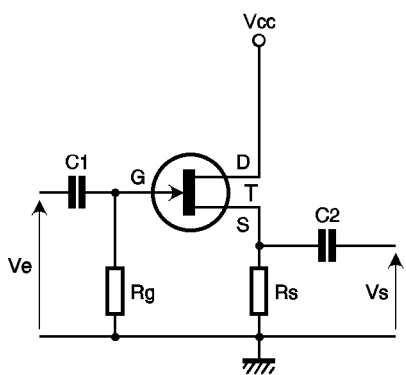


Fig 4b Montage drain commun

et de sortie sont respectivement de valeur faible et moyenne. Ce terme "moyen" correspond, comme pour le montage source commune, à une valeur de quelques kΩ qui est en fait la valeur de Rd. Le montage drain commun offre une amplification en tension assez modeste en générale (quelques unités) pour une impédance d'entrée élevée (Rg) et une impédance de sortie faible (\approx Rs).

Schéma équivalent en alternatif petits signaux

L'établissement des résultats précédents fait intervenir le schéma équivalent du transistor pour l'alternatif petits signaux (terme déjà rencontré avec les transistors bipolaires qui signifie que l'amplitude des signaux à amplifier doit être faible devant celle du point de repos). La résistance d'entrée est infinie puisque la jonction grille/source est bloquée. C'est surtout à ce niveau que se situe la différence entre le FET et le transistor bipolaire dont la résistance d'entrée ne fait que quelques centaines à quelques kΩ. Côté sortie, le schéma ne comporte qu'une résistance rs et un générateur de courant commandé par la tension Vgs (figure 5). Dans notre cas, étant donné que nous avons considéré que les courbes $I_d=f(V_{ds})$ étaient horizontales, il en résulte que la résistance de sortie du transistor ($r_s=d(V_{ds})/d(I_d)$) est infinie puisque les variations $d(I_d)$ du courant de drain sont nulles quand V_{ds} varie autour du point de repos. Attention, il ne faut pas confondre la résistance de sortie en régime amplificateur notée "rs" que nous venons de définir, avec la résistance "rds" de l'espace drain/source du transistor quand il est utilisé en résistance variable (pour V_{ds} faible $<1V$, ce qui n'est pas le cas ici puisque le point de repos est à $V_{dso}=4,5V$). Dans la pratique, on s'aperçoit que la résistance rs dépasse souvent quelques dizaines de kΩ, valeur qui, sans être infinie, est suffisamment grande pour qu'on puisse la considérer comme tel. La résistance rs de valeur infinie étant en parallèle sur le générateur de courant, celle-ci peut très souvent être omise, et c'est ce que nous ferons dans les futurs schémas équivalents que nous utiliserons. La pente "s" d'un FET que l'on exprime en mA/V, est donnée par la pente (dI_d/dV_{gs}) (d'où le nom attribué) de la caractéristique $I_d=f(V_{gs})$

au point de repos. En utilisant la figure 1 on trouve : $s=(3-1,5)mA/(0,4-0,8)V = -3,75mA/V$. La présence du signe moins est souvent omise dans les données mais elle est prise en compte dans l'orientation du générateur de courant du schéma équivalent.

Pour le montage source commune, le schéma équivalent de l'amplificateur se résume à celui que propose la figure 6. Il tient compte du fait que, pour les signaux alternatifs, la résistance de source est découplée et que l'alimentation continue Vcc est une source de tension parfaite sans résistance interne (ou qu'elle est découplée, elle aussi) ce qui réduit celle-ci à un simple court-circuit. On voit de toute évidence sur ce schéma équivalent très simple que l'impédance d'entrée est égale à Rg (soit 1 MΩ) et que l'impédance de sortie (pour $V_{gs}=0$) est égale à Rd. L'amplification en tension du montage ($A_v=v_s/v_e$) est très simple à calculer puisque $v_s=-R_d \cdot i_d$ et que $i_d=s \cdot V_{gs}=s \cdot v_e$, ce qui conduit à $A_v=-s \cdot R_d$. La présence du signe «moins» traduit le fait que les signaux d'entrée et de sortie sont en opposition de phase. Le module de A_v est égal à $A_v=3,75 mA/V \times 1,8 k\Omega = 6,75$.

Cette valeur est assez modeste et bien inférieure à celle que l'on peut obtenir avec un transistor bipolaire fonctionnant en émetteur commun. Pour augmenter A_v , on peut changer le transistor pour un modèle de pente plus élevée, ou envisager de travailler avec une résistance Rd de valeur supérieure aux 1,8 kΩ que nous avons actuellement. A tension d'alimentation constante, cela réduirait la tension V_{dso} et dépla-

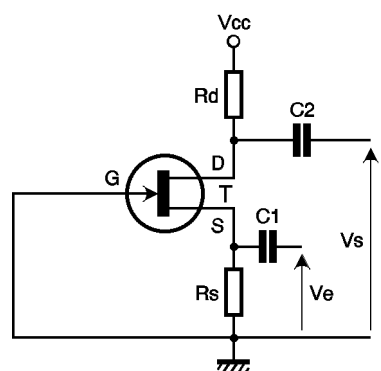


Fig 4c Montage grille commune

cerait le point de repos vers la gauche du réseau où les caractéristiques $I_d=f(V_{ds})$ ne sont plus des droites horizontales. Pour respecter les impératifs d'un fonctionnement en classe A tout en augmentant A_v , il convient d'augmenter simultanément Rd et Vcc. Cette solution s'accommode assez mal de la tendance actuelle qui consiste à réduire la tension d'alimentation des montages et doit par conséquent être réservée aux montages possédant une tension d'alimentation élevée.

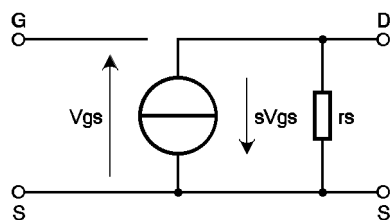


Fig 5 Schéma équivalent d'un FET

Méthode graphique de calcul de l'amplification

Il est tout à fait possible de calculer l'amplification du montage source commune, sans qu'il soit nécessaire de faire appel au schéma équivalent du transistor. Cette méthode s'appuie sur le réseau de caractéristiques relevées à la figure 1. Quelques précisions et explications sont nécessaires si l'on veut comprendre cette méthode et surtout éviter de faire des erreurs. Pour cela, il faut remarquer que côté sortie, pour les signaux variables, puisque la résistance Rs est découplée par le condensateur Cs, la pente de la droite de charge dynamique (Δd) (qui, il faut le remarquer passe par le point de repos M') vaut $-1/R_d$ alors que celle de la droite de charge statique (Δs) vaut : $-1/(R_d+R_s)$. Comme Rs est assez faible devant Rd, les deux droites sont presque confondues, mais la droite Δd est plus verticale que Δs . Si nous imposons une tension alternative sinusoïdale v_e d'amplitude 0,2V autour du point de repos M, nous nous apercevons que l'amplitude des variations de la tension v_s autour du point de repos M' est approximativement égale à 1,3V. Cette détermination s'appuie sur la droite de charge dynamique et non sur la droite de charge statique comme on

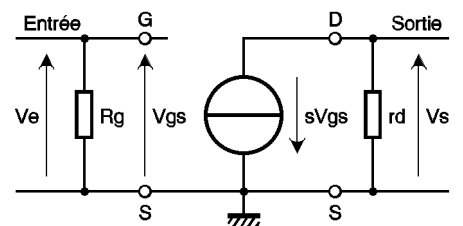


Fig 6 Schéma équivalent de l'amplification source commune

On remarque aussi sur cette construction, que lorsque v_e augmente, v_s diminue, traduction graphique de l'opposition de phase qui existe entre les signaux v_e et v_s , que nous avons évoquée dans nos précédents calculs. Comme vous avez pu le constater au cours de cet exposé, la connaissance des caractéristiques d'un transistor à effet de champ permet de le polariser mais aussi de connaître son comportement dans un étage amplificateur, soit par le calcul, soit graphiquement. Cependant, ces prédéterminations ne sauraient en aucun cas remplacer des mesures expérimentales. La mesure de l'amplification en tension d'un amplificateur s'effectue par comparaison des amplitudes des signaux v_e et v_s sur l'écran d'un oscilloscope bicourbe, en tenant compte des calibres adoptés sur chaque voie. Les liaisons entre l'amplificateur étudié et le matériel de mesure nécessaire sont représentées à la figure 7. Cette méthode expérimentale offre en outre la possibilité de voir si les

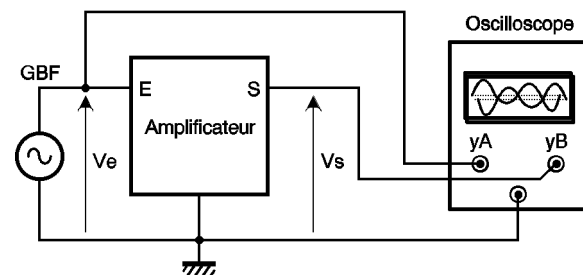


Fig 7 Mesure de l'amplification en tension

pourrait être tenté de le faire surtout quand on débute en électronique. L'amplification en tension vaut par conséquent $A_v=v_s/v_e=6,5$. Ce résultat est assez proche de celui que donne le calcul, l'écart étant simplement dû à la précision des tra-

signaux de sortie sont, ou non, déformés. On peut ainsi mieux adapter le niveau d'entrée et modifier le point de repos si nécessaire, ce qui n'est pas toujours évident sur le papier.

F. JONGBLOET



Un «dépenseur»

Inspirée des «bumpers» utilisés durant les jeux télévisés, cette réalisation a pour objet de vous aider à départager les concurrents d'un «quiz».

Durant un jeu de quiz, la victoire revient au participant, ou à l'équipe, qui fournit la première réponse exacte à la question posée. Pourtant, dans le feu de l'action, il est parfois difficile de déterminer avec certitude qui a fourni la réponse. Afin de faciliter la tâche de l'arbitre, notre montage offre une solution pour lever le doute. Il fonctionne à la manière des «bumpers» utilisés durant les jeux télévisés. Dès qu'une équipe pense avoir la bonne réponse, l'un de ses membres presse un bouton. Ceci a pour effet d'allumer le voyant qui lui est attribué. Parallèlement, cette action «condamne» le poussoir de l'équipe adverse. Elle ne pourra donc pas allumer son voyant. Le témoin allumé fera ainsi foi de la première pression exercée. Un troisième poussoir permet à l'utilisateur de «ré-initialiser» le montage. Avant chaque nouvelle question, il lui suffira de l'actionner pour éteindre de nouveau le voyant et réactiver automatiquement les boutons poussoirs.

Le principe

Deux bistables, ou «latches», constituent la base de cette réalisation. L'une de leurs entrées est directement commandée par le poussoir

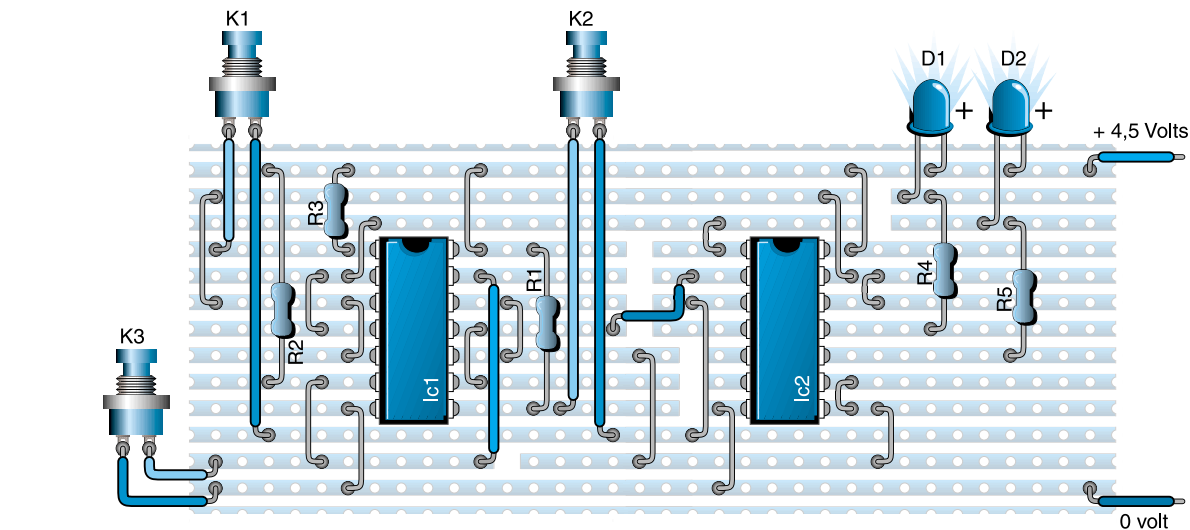


Fig 3 Implantation des éléments

des joueurs (K1 ou K2), l'autre par le bouton de ré-initialisation (K3). Le fonctionnement de ces deux latches est strictement identique. Lorsque le bouton de ré-initialisation est pressé, il applique un état zéro sur l'une de leurs entrées. Chaque latch se trouve ainsi dans un état stable de «veille». Dans ce cas, les deux entrées de la porte NAND qui pilote les boutons des joueurs (IC2A) reçoivent un état haut. Sa sortie est donc en zéro. Dès que l'un des poussoirs joueur est enfoncé, il applique un zéro sur l'entrée du latch qu'il commande. Celui-ci bascule pour retrouver un état stable. Dans ce nouvel état IC2A reçoit un état haut provenant du latch activé. Sa sortie passe donc également à un état haut. Dès lors, il ne sera plus possible d'appliquer un état bas au second latch en appuyant sur le poussoir. Le montage est ainsi «verrouillé» jusqu'à sa ré-initialisation et la diode électroluminescente correspondant au poussoir activé le premier reste allumée.

Comment ça marche

Les deux latches sont obtenus en rebouclant sorties et entrées de deux portes NAND. Au total, leur réalisation nécessite donc quatre portes. Un SN 74LS00 les fournit. Un second SN 74LS00 est mis à contribution pour les trois portes restantes. La première contrôle les boutons poussoirs des joueurs (K1 et K2) et les deux autres pilotent les diodes électroluminescentes. Notons qu'il aurait été, en théorie, parfaitement

pour limiter le courant qui traverse les diodes électroluminescentes. En leur absence, il serait trop élevé et le SN 74LS00 ne supporterait pas une telle charge.

Le câblage

Comme toujours, ce montage est réalisé sur une petite plaquette d'essai pré-perforée et munie de bandes conductrices

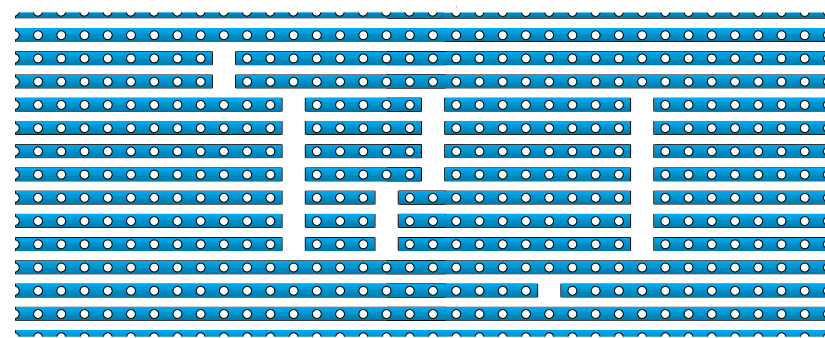


Fig 2

Préparation de la plaquette

possible de se passer de ces deux dernières portes qui ne jouent qu'un rôle d'inverseur. Néanmoins, il n'est jamais conseillé de piloter des diodes électroluminescentes depuis une sortie dont l'état logique est pris en compte par d'autres portes, ce qui est le cas dans notre montage. Le courant, relativement élevé, demandé par les diodes, peut induire de «faux états» qui compromettent le bon fonctionnement de la réalisation. Les deux portes inverseuses nous permettent de se libérer de ce phénomène.

Enfin, les trois résistances (R1, R2 et R3) logées entre le +4,5V et chaque interrupteur, n'interviennent pas non plus directement sur le fonctionnement théorique du montage. Leur seul but est d'assurer un état haut «propre». L'entrée des portes NAND présente une impédance relativement élevée. Elle est donc sensible aux parasites qui pourraient apparaître sur les fils de connexion des interrupteurs. En forçant l'état haut et en abaissant l'impédance d'entrée, les résistances limitent donc l'effet des parasites. R4 et R5, en revanche, sont indispensables

L'utilisation

Le plus simple est d'utiliser une pile plate de 4,5V pour lampe de poche en tant qu'alimentation. Lors de son raccordement, il faut cependant veiller à respecter la polarité de l'alimentation sous peine, ici encore, de détruire instantanément les circuits intégrés. Une fois mis sous tension, le montage démarre dans un état aléatoire. L'une des deux diodes peut rester allumée, voire les deux. Il suffit de presser le bouton de ré-initialisation pour que le montage soit prêt à fonctionner.

NOMENCLATURE

R1 à R3 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge, or)
R4, R5 : 470 Ω (jaune, violet, brun, or)
IC1, IC2 : SN 74LS00
D1, D2 : diodes électroluminescentes
K1 à K3 : poussoirs
Une pile plate 4,5V

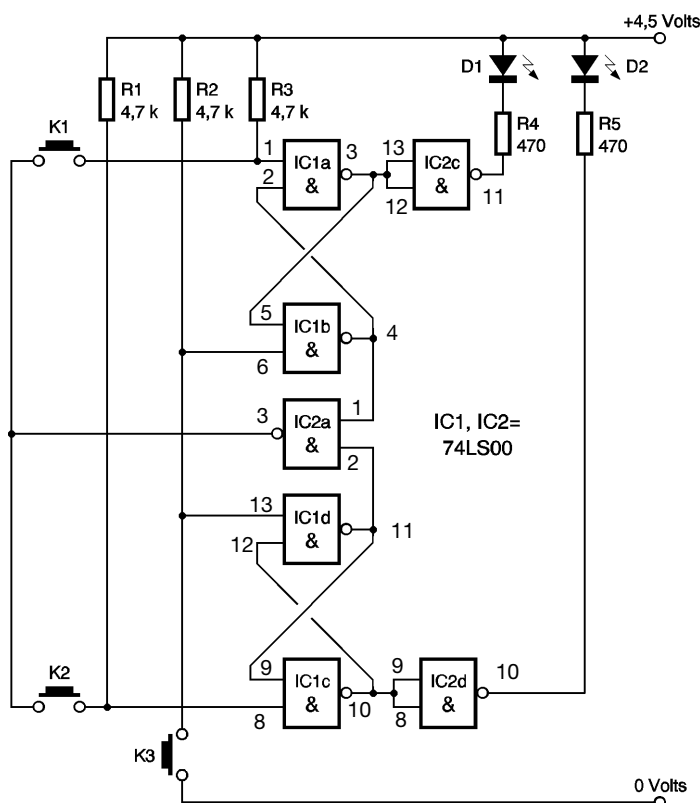
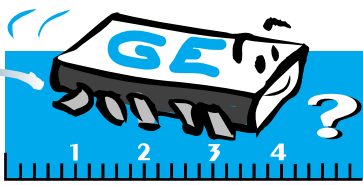


Fig 1

Schéma de principe



COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?

6° partie

Compte tenu du très faible prix et des excellentes performances des régulateurs "trois pattes", il est aujourd'hui logique de les utiliser dès que le recours à une simple diodezénér ne suffit plus.

En effet, comme nous l'avons vu le mois dernier, l'utilisation d'une telle diode devient vite délicate, voire même impossible, dès que la consommation de la charge alimentée fluctue dans de grandes proportions, ce qui est le cas de tous les appareils équipés d'un amplificateur de puissance BF dont la consommation varie au rythme de la modulation.

Petit tour d'horizon

Vous connaissez certainement déjà les régulateurs de tensions fixes intégrés, plus communément appelés régulateurs "trois pattes", et vous vous demandez peut-être quels calculs nous allons bien pouvoir faire tant leur mise en œuvre est, ou plutôt, semble simple. Rassurez-vous,

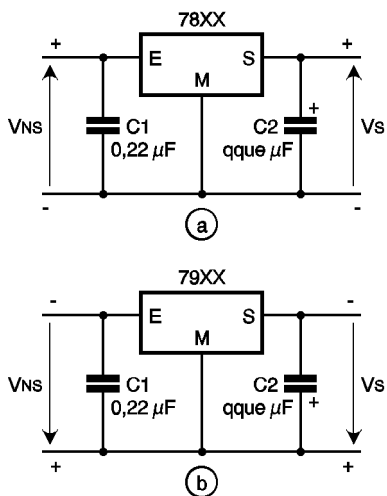


Fig 1 Schéma de mise en œuvre type des régulateurs des familles 78XX et 79XX.

nous n'allons pas nous égarer dans des montages plus ou moins ésotériques que vous n'utiliserez jamais, mais nous allons voir que le bon usage de ces régulateurs nécessite tout de même quelques précautions. Deux familles principales existent chez tous les fabricants qui en produisent et portent comme référence générique 78XX ou 79XX où XX est la valeur de la tension stabilisée fournie. Les régulateurs 78XX sont des régulateurs de tension positive qui s'utilisent comme indiqué figure 1a. Les régulateurs 79XX sont des régulateurs de tension négative qui s'utilisent comme indiqué figure 1b. Attention aux condensateurs présents sur ces figures. Les condensateurs C1 ne sont en aucun cas les condensateurs de filtrage de l'alimentation (avec des valeurs aussi

faibles leur effet serait d'ailleurs bien mince) mais ils sont indispensables à la stabilité des circuits régulateurs dès que ceux-ci sont éloignés de plus d'un cm environ des chimiques de filtrage. De ce fait, ces condensateurs sont à câbler au plus près des régulateurs pour une stabilité optimum. Les condensateurs C2 quant à eux ne sont en principe pas indispensables. En pratique, ils améliorent la réponse des régulateurs aux transitoires, c'est à dire aux variations brèves et violentes du courant consommé par la charge. Une valeur minimum de 1 µF est conseillée mais des valeurs nettement supérieures peuvent être utilisées si la charge alimentée le nécessite. Nous avons qualifié les références des régulateurs de génériques car elles se retrouvent chez tous les fabricants, complétées par des lettres ou chiffres qui leur sont propres : LM 78XX chez National Semiconductor par exemple ou bien MC 78XX chez Motorola mais, dans tous les cas, les circuits ont des performances identiques, même si les puces n'adoptent pas nécessairement les mêmes schémas internes et si certains fabricants dépassent les courants maximums de sortie que nous allons indiquer.

A l'heure actuelle, ces régulateurs, dans leurs versions positives (78XX donc) existent au minimum pour les tensions suivantes : 5, 9, 12, 15, 18 et 24V mais certains fabricants proposent aussi des valeurs "intercalaires" telles que 6, 8 ou 10V par exemple.

Pour ce qui est des tensions négatives, l'éventail est en général un peu moins large et l'on trouve au minimum : 5, 12, 15, 18 et 24V avec quelques valeurs intercalaires un peu plus rares.

Tous ces régulateurs disposent de deux protections internes qui sont d'ailleurs en partie liées : une protection contre les courts-circuits qui limite le courant maximum qu'ils

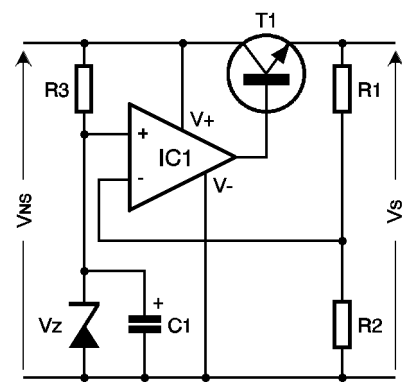


Fig 2 Schéma de principe interne simplifié.

peuvent fournir et une protection thermique qui réduit, voire annule, la tension de sortie en cas d'échauffement excessif du circuit. Même si cette dernière protection est théoriquement réversible indéfiniment, il vaut mieux éviter de la faire agir en permanence par un calcul judicieux des composants associés, car il peut en résulter un vieillissement accéléré du circuit et une dégradation de ses performances à long terme (stabilité de la tension de sortie en particulier). Attention ! Même si ces deux protections contribuent à la réputation de solidité de ces circuits, ils ne sont pas indestructibles pour autant et n'apprécient pas, mais alors pas du tout, les trois situations suivantes :

- une inversion de polarité en entrée,
- l'application d'une tension sur la sortie alors que la tension d'entrée a disparu,
- l'application d'une tension

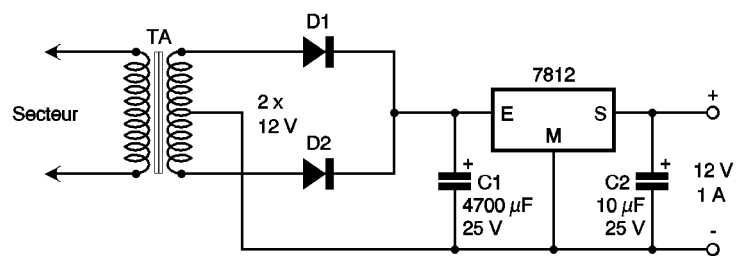


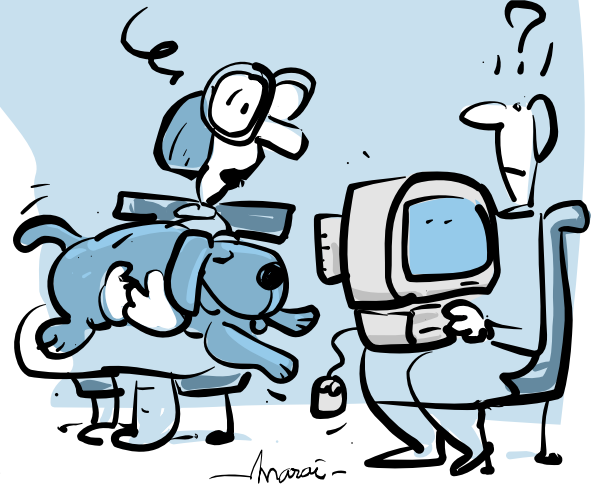
Fig 3

Une alimentation qui a l'air de fonctionner...

d'entrée excessive. Nous reviendrons sur ces trois points dans un instant car ce sont eux qu'il faut prendre en considération lors des calculs relatifs à ces circuits. De trop nombreux concepteurs s'en remettent en effet encore trop souvent à la chance et s'étonnent ensuite de voir leurs régulateurs rendre l'âme...

A l'origine, ces régulateurs n'existaient que sous une seule version capable de débiter un courant maximum de 1 ampère. Aujourd'hui des versions à courant de sortie plus faible existent chez tous les fournisseurs et des versions à courant de sortie plus fort existent chez certains fournisseurs. On les distingue par l'insertion d'une lettre au sein de la référence générique sous la forme 78ZXX ou 79ZXX avec :

Z = L pour les régulateurs capables de fournir au maximum XX mA, Z = M pour les régulateurs capables de fournir au maximum XX mA,



Z = rien pour les régulateurs "classiques" capables de fournir au maximum 1 A,

Z = T pour les régulateurs capables de fournir au maximum 3 A.

Si cette lettre est à peu près normalisée pour ce qui est du L, du M et du T, certains fabricants peuvent en utiliser d'autres telle que le S par

exemple pour de rares versions 2 ampères. La tension d'entrée maximum pouvant être appliquée à ces régulateurs est en général de 35V, sauf pour les régulateurs 24V où elle monte alors à 40V. Certains fabricants peuvent parfois annoncer mieux mais, si vous voulez concevoir un schéma permettant la mise en place d'un régulateur de n'importe quelle provenance, ce que nous faisons dans nos articles par exemple, mieux vaut vous en tenir à ces limites. Le tableau ci-après résume ces notions essentielles et vous permet de faire un choix rapide en fonction de vos besoins.

Le principe interne

Ces régulateurs étant des produits "prêts à l'emploi" vous vous demandez peut-être pourquoi nous vous compliquons la vie avec leur schéma

de principe interne. Il y a à cela deux raisons : la première est que vous allez ainsi prendre connaissance du schéma de principe de toute alimentation stabilisée linéaire (par opposition aux alimentations à découpage) et la seconde est que cela va mettre en évidence le principal "défaut" de ces régulateurs. Ce schéma, fortement simplifié pour les besoins de la cause, est visible **figure 2** et fonctionne de la façon

téristiques réelles, cette tension est au minimum de 2V dans les régulateurs des séries 78XX. Ce paramètre est hélas trop souvent oublié par nombre de concepteurs ; oubli qui peut être du à sa méconnaissance pure et simple ou, ce qui revient au même, à une mauvaise détermination du cas de fonctionnement le plus défavorable. En voici la démonstration avec un exemple tiré d'une revue d'électronique dont

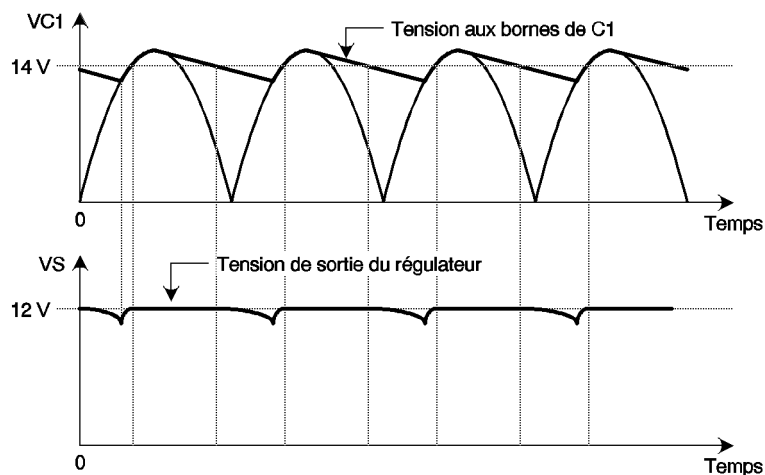


Fig 4 Voici pourquoi il y a de la "ronflette" en sortie.

suivante. L'amplificateur opérationnel IC1 compare la tension de sortie du régulateur avec la tension fournie par une zéner interne et, comme vous le savez aujourd'hui, il fait en sorte que la différence de tension entre ses deux entrées soit quasi nulle. De ce fait, il rend T1 plus ou moins conducteur pour arriver à cette égalité. Notre régulateur délivre donc bien une tension de sortie constante sous un courant qui n'est limité que par les possibilités du transistor de puissance T1. Ce schéma permet de comprendre pourquoi les performances de ces régulateurs sont aussi bonnes. En effet, la zéner qui détermine la tension de sortie n'est soumise à aucune variation de courant dépendant de la charge. Qui plus est, dans les "vrais" régulateurs intégrés, la résistance R3 est remplacée par un générateur à courant constant ce qui rend le courant traversant la zéner indépendant de la tension d'entrée croissant encore la stabilité. Le composant le plus sollicité en terme de dissipation de puissance lors des fortes consommations de courant est T1 mais, même s'il participe au processus de régulation, ses paramètres ne déterminent en aucune manière la valeur de la tension de sortie. De ce fait, ces régulateurs se comportent remarquablement bien en présence de fortes variations de tension d'entrée et/ou de consommation de la charge. Malheureusement, ce transistor T1 est aussi responsable de la principale limitation d'emploi de ces régulateurs, à savoir la chute de tension minimum nécessaire entre l'entrée et la sortie.

■ Attention à la chute

Pour que le transistor T1 puisse fonctionner efficacement, il faut qu'une tension minimum soit présente à ses bornes et, compte tenu de ses caractéristiques

réelles, cette tension est au minimum de 2V dans les régulateurs des séries 78XX. Ce paramètre est hélas trop souvent oublié par nombre de concepteurs ; oubli qui peut être du à sa méconnaissance pure et simple ou, ce qui revient au même, à une mauvaise détermination du cas de fonctionnement le plus défavorable. En voici la démonstration avec un exemple tiré d'une revue d'électronique dont nous tirons le nom... Le **figure 3** présente le schéma d'une alimentation sensée délivrer 12V sous un courant maximum de 1 ampère avec un classique régulateur 7812. Comme c'est bien souvent le cas en pareille situation, tout semble avoir été "pifométré" et le résultat est que, dans certains cas et pour les plus fortes consommations de courant, de la "ronflette" ou une certaine instabilité se manifeste en sortie. Nous allons voir pourquoi en utilisant les relations vues jusqu'à maintenant et en appliquant (ou en n'appliquant pas dans le cas présent) les conseils que nous vous avons donnés. Le transformateur utilisé délivre une tension secondaire de 12V efficaces ce qui permet de disposer, à vide, aux bornes de C1 d'une tension continue quasiment égale à la tension crête soit :

$$V_{C1} = 12 \times 1,4 \text{ soit environ } 16,8V.$$

Le concepteur a donc considéré que l'on avait largement plus de 14V, tension minimum nécessaire avant un régulateur 12V pour qu'il fonctionne correctement (12V + 2V de chute comme nous venons de le voir). C'était sans tenir compte de deux paramètres qui, dans certaines situations, peuvent s'ajouter dans le mauvais sens. Calculons tout d'abord l'ondulation de la tension présente aux bornes de C1 au moyen de la relation vue dans notre numéro 5 ; elle est égale à : $V_{OND} = 1 / 2 \times 50 \times 0,0047$ soit environ 2V.

Dans ces conditions, la tension présente à l'entrée du régulateur peut donc varier de : 16,8V à 16,8 - 2 soit 14,8V.

Cela passe encore nous direz-vous... Oui, si le secteur EDF ne décide pas de faire des siennes et de baisser un peu, ne serait-ce que de 5 % par exemple ce qui est largement dans les tolérances admises. Dans ces conditions, la tension présente en entrée du régulateur peut fluctuer

de : 16,8 - 1,68 soit 15,12V dans le meilleur des cas, à 14,8 - 1,48 soit 13,32 dans le pire des cas. Pour cette dernière valeur de tension, le régulateur ne peut plus travailler correctement et l'on voit apparaître de la "ronflette" en sortie. L'examen à l'oscilloscope de sa tension de sortie permet en général de bien constater le phénomène comme cela est représenté **figure 4**. En résumé, lorsque vous concevez une alimentation stabilisée utilisant un régulateur trois pattes, veillez à bien prendre en compte tous les paramètres en considérant toujours la plus mauvaise situation susceptible de se produire afin de ne pas avoir de mauvaise surprise comme dans l'exemple que nous venons de voir.

■ Chaud devant !

Une solution simple à ce problème consiste à appliquer à l'entrée du régulateur une tension largement supérieure à la tension stabilisée à fournir. Cette façon de faire, si elle est acceptable pour les faibles courants de sortie, conduit à un gaspillage d'énergie et surtout à une dissipation de puissance qui peut très vite devenir très importante pour les courants les plus forts. Rappelons en effet que la dissipation de puissance du régulateur est tout simplement donnée par la relation :

$$P_D = (V_{NS} - V_S) \times I_{CH} \text{ où :}$$

V_{NS} est la tension non stabilisée,
 V_S la tension stabilisée,
 I_{CH} le courant consommé par la charge.

Si la puissance dissipée est trop importante, le régulateur va chauffer et, si sa température s'approche de la limite fixée en interne, sa protection thermique va réduire ou annuler la tension de sortie. Votre alimentation ne fonctionnera donc pas mieux que la précédente ! La solution à ce problème passe par

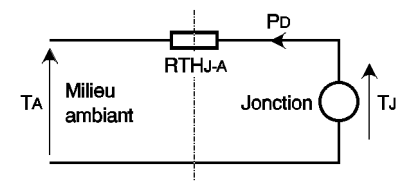


Fig 5 Analogie électrique d'un circuit intégré utilisé sans radiateur.

l'utilisation d'un radiateur ou dissipateur thermique ; encore faut-il savoir le calculer ce que quasiment personne ne fait alors qu'il suffit pour cela de connaître... la loi d'Ohm.

■ Calculez vos radiateurs

Le calcul d'un radiateur, que ce soit comme ici pour un régulateur d'alimentation ou pour n'importe quel semi-conducteur susceptible de chauffer, est d'une grande simplicité et ne fait appel qu'à de simples multiplications et divisions. Nous ne

comprenons donc pas pourquoi il n'est quasiment jamais réalisé ce qui nous vaut de voir des composants affublés de radiateurs gigantesques ou, au contraire, minuscules eu égard aux puissances à dissiper. Voici donc comment procéder.

La conduction thermique, que ce soit celle d'un radiateur ou d'un circuit intégré, est définie par un paramètre qui s'appelle la résistance thermique entre deux points (RTH ou θ selon les publications) exprimée en °C par W. L'analogie avec une résistance électrique est immédiate puisqu'une résistance est exprimée en V par A. Le seul paramètre important concernant un circuit intégré est la température de sa jonction (ou puce) qui ne doit pas dépasser une limite indiquée dans ses spécifications ; limite qui est en général de 150°C pour les composants au silicium de puissance. Les fiches techniques d'un circuit indiquent toujours par ailleurs deux autres données fondamentales :

- la résistance thermique jonction-boîtier $RTH_{J,C}$ (le C étant pour case c'est à dire boîtier en américain) ou tout symbole équivalent,
- la résistance thermique jonction-ambiant $RTH_{J,A}$ ou tout symbole équivalent.

Muni de ces deux paramètres, il est facile de prévoir la température que va atteindre la puce de notre circuit intégré en fonction de la température ambiante et de la puissance qu'il dissipe. La **figure 5** montre l'analogie électrique que l'on peut faire entre résistances "classiques" et résistances thermiques dans le cas où le composant est utilisé sans radiateur et l'on voit très bien que l'on a :

$$T_J = T_A + RTH_{J,A} \times P_D,$$

T_J est la température de jonction,
 T_A est la température ambiante,
 $RTH_{J,A}$ est la résistance thermique jonction-ambiant du composant,
 P_D est la puissance dissipée par le circuit.

Voici un exemple concret avec un régulateur intégré 7805 en boîtier TO 220 pour lequel nous avons comme paramètre donné par le fabricant : $RTH_{J,A} = 65^\circ C/W$

Si l'on suppose qu'il fonctionne dans un air à 35°C maximum ce qui est réaliste s'il est dans un boîtier convenablement aéré, on voit que la température maximum d'action de la protection thermique ne sera pas atteinte si on ne lui fait pas dissiper plus que :

$$P_{D_{MAX}} = (T_{J_{MAX}} - T_A) / RTH_{J,A}$$

soit $P_{D_{MAX}} = (150 - 35) / 65$

soit environ 1,8 W. Au-delà de cette puissance, l'usage d'un radiateur est impératif si vous voulez que le circuit puisse continuer à fonctionner correctement sans activer sa protection thermique. Ce radiateur se calcule tout aussi simplement car, si vous êtes observateur, vous aurez certainement remarqué que les fiches techniques

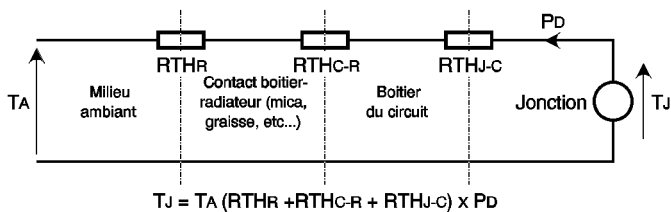


Fig 6 Analogie électrique d'un circuit intégré muni d'un radiateur.

de ces derniers indiquent, elles aussi, la résistance thermique du radiateur. Si l'on monte notre régulateur sur un radiateur, nous allons nous trouver en présence du schéma équivalent à la figure 6 dans lequel appa-

raissent maintenant :
 - la résistance thermique jonction - boîtier du circuit R_{THJ-C} ,
 - la résistance thermique boîtier - radiateur, due au procédé de contact utilisé (mica isolant, graisse

aux silicones, etc.) R_{THC-R} ,
 - la résistance thermique du radiateur qui est en fait la résistance thermique entre le radiateur et le milieu ambiant R_{THR} .

Notre relation précédente est toujours valable mais devient juste un peu plus longue puisque nous avons des résistances thermiques en série, exactement comme des résistances électriques. Nous pouvons donc écrire :

$$T_J = T_A + (R_{THJ-C} + R_{THC-R} + R_{THR}) \times P_D$$

Le seul paramètre qu'il faille estimer

dans cette relation est R_{THC-R} puisqu'il n'est pas déterminé précisément par un composant mais, au contraire, qu'il dépend directement de la qualité du contact réalisé entre radiateur et composant. Pour un mica isolant classique généreusement enduit de graisse aux silicones, on peut admettre une valeur de l'ordre de $0,5^\circ\text{C/W}$. Si nous reprenons à nouveau notre régulateur intégré 7805 en boîtier TO 220 fonctionnant dans un air à 35°C et pour lequel nous avons comme paramètre donné par le fabricant : $R_{THJ-C} = 5^\circ\text{C/W}$

Tableau 1 : Tableau de sélection des principaux régulateurs intégrés "trois pattes"

Référence	Tension de sortie	Tension d'entrée maximum	Courant de sortie maximum	Boîtier
78L05 à 78L08	+ 5 à + 8 V	30 V	100 mA	TO 92
78L09 à 78L18	+ 9 à + 18 V	35 V	100 mA	TO 92
78L24	+ 24 V	40 V	100 mA	70 92
78M05 à 78M18	+ 5 à + 18 V	35 V	500 mA	TO 220
78M24	+ 24 V	40 V	500 mA	TO 220
7805 à 7818	+ 5 à + 18 V	35 V	1 A	TO 220
7824	+ 24 V	40 V	1 A	TO 220
78T05 à 78T12	+ 5 à + 12 V	35 V	3 A	TO 220
78T15	+ 15 V	40 V	3 A	TO 220
79L05 à 79L08	- 5 à - 8 V	30 V	100 mA	TO 92
79L09 à 79L18	- 9 à - 18 V	35 V	100 mA	TO 92
79L24	- 24 V	40 V	100 mA	70 92
79M05 à 79M15	- 5 à - 15 V	35 V	500 mA	TO 220
7905 à 7918	- 5 à - 18 V	35 V	1 A	TO 220
7924	- 24 V	40 V	1 A	TO 220

et que nous le montons sur un radiateur de résistance thermique égale à $2,5^\circ\text{C/W}$ nous pourrions atteindre, sans faire agir la limitation thermique, une puissance dissipée maximum donnée par la relation : $P_{D_{MAX}} = (T_J - T_A) / (R_{THJ-C} + R_{THC-R} + R_{THR})$ soit $P_{D_{MAX}} = (150 - 35) / (5 + 0,5 + 2,5)$ soit environ $14,4 \text{ W}$.

Le gain par rapport au montage sans radiateur est évident et montre bien l'intérêt de calculer judicieusement ce dernier, ce que vous devez maintenant savoir faire sans hésiter.

Le mois prochain

Nous terminerons notre voyage dans le monde des régulateurs avec les modèles ajustables et nous dirons quelques mots des limitations et régulations de courant.

A CHAQUE NUMÉRO, RETROUVEZ LES PRINCIPALES RUBRIQUES DE



TECHNOLOGIE :
les afficheurs à cristaux liquides



COMMENT CALCULER SES MONTAGES ?
tous les conseils,
toutes les valeurs des composants



QU'EST-CE QUE C'EST ? COMMENT ÇA MARCHE ?
la photo numérique



GÉNÉRATION INTERNET :
les sites qui vous concernent



LE COIN DE LA MESURE :
de véritables outils de travail

Filtre éliminateur de bande avec un facteur de qualité Q très élevé

Le **double réseau** en 'T' est l'un des **quelques** filtres RC capable de produire un **filtre éliminateur de bande** de **profondeur infinie**. En **combinant** le double 'T' avec un **amplificateur opérationnel suiveur de tension**, les **inconvenients** habituels des réseaux sont **surmontés**.

L'amplificateur opérationnel suiveur de tension utilisé dans notre circuit est le LM310 de chez 'National Semiconductor' ; c'est un circuit **monolithique** connecté **en interne** comme un amplificateur opérationnel **non-inverseur de gain unité**. Il utilise des transistors de gain très élevé pour

possible l'utilisation de résistances avec de fortes valeurs dans le 'T'. Ainsi, des capacités de faibles valeurs sont requises même aux fréquences basses. La réponse rapide de l'amplificateur opérationnel suiveur de tension permet à ce filtre d'être utilisé à haute fréquence. Ni

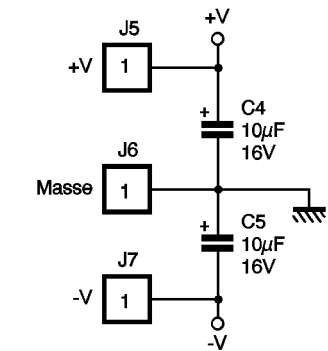
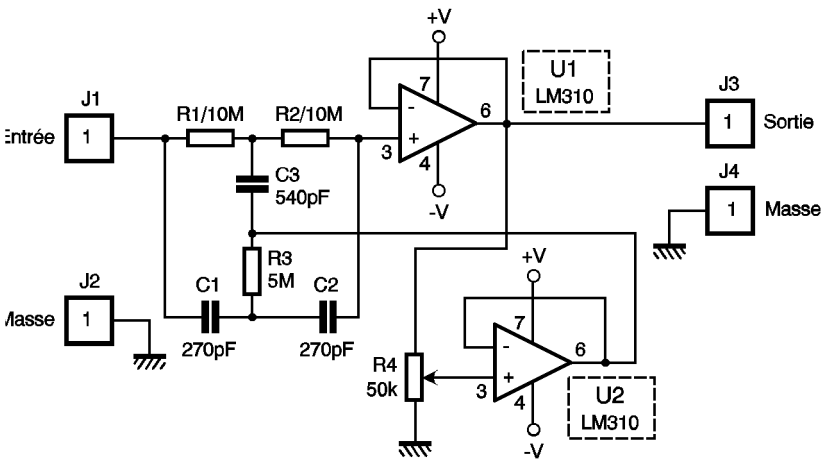


Fig 1 Schéma de principe

l'étage d'entrée afin d'obtenir un faible courant de polarisation sans sacrifier la vitesse. Il possède aussi une compensation interne en fréquence et des réserves pour équilibrer le décalage de la tension d'entrée. Ce composant est très utile dans les circuits échantillonneur/bloqueur rapides, les filtres actifs ou les étages tampons d'usage général. De plus, la réponse en fréquence est suffisamment meilleure que les amplificateurs opérationnels standards pour que le LM310 puisse être inclus dans une boucle de contre-réaction sans introduire d'instabilité ; il offre aussi de très faibles tensions de décalage et de dérive, un faible courant de polarisation, une très faible tension de bruit avec, en plus, une vitesse très élevée et une plus large plage de tensions de fonctionnement.

Le facteur de qualité Q est augmenté de la valeur habituelle de 0,3 à une valeur supérieure à 50. De plus, l'amplificateur opérationnel suiveur de tension agit comme un étage tampon, produisant ainsi une faible résistance de sortie et la forte résistance d'entrée du LM310 rend

la profondeur, ni la fréquence du filtre éliminateur de bande ne sont changés quand l'amplificateur opérationnel suiveur de tension est ajouté. Dans les applications où le signal rejeté peut dévier légèrement de la profondeur infinie du filtre éliminateur de bande, il est avantageux de diminuer le facteur de qualité Q du réseau. Ceci assure la réjection sur une plus grande gamme de fréquences d'entrée. Le schéma de la figure 1 représente un circuit dans lequel le facteur de qualité Q du filtre éliminateur de bande est dépendant de la quantité de signal renvoyé. Un second amplificateur opérationnel suiveur de tension est nécessaire pour commander le double 'T' à partir de la faible résistance de source, si bien que la fréquence et la profondeur du filtre éliminateur de bande ne changeront pas avec la position du potentiomètre R4. Suivant la position de R4, la réponse du filtre éliminateur de fréquences sera plus ou moins étroite. La jonction entre R3 et C3, qui est normalement reliée à la masse, est reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel suiveur de tension. Puisque la sortie de l'amplificateur opérationnel suiveur de tension a une très faible impédance, ni la fréquence, ni la profondeur du filtre éliminateur de bande varient. Cependant, le facteur de qualité Q augmente en proportion de la quantité du signal retourné à

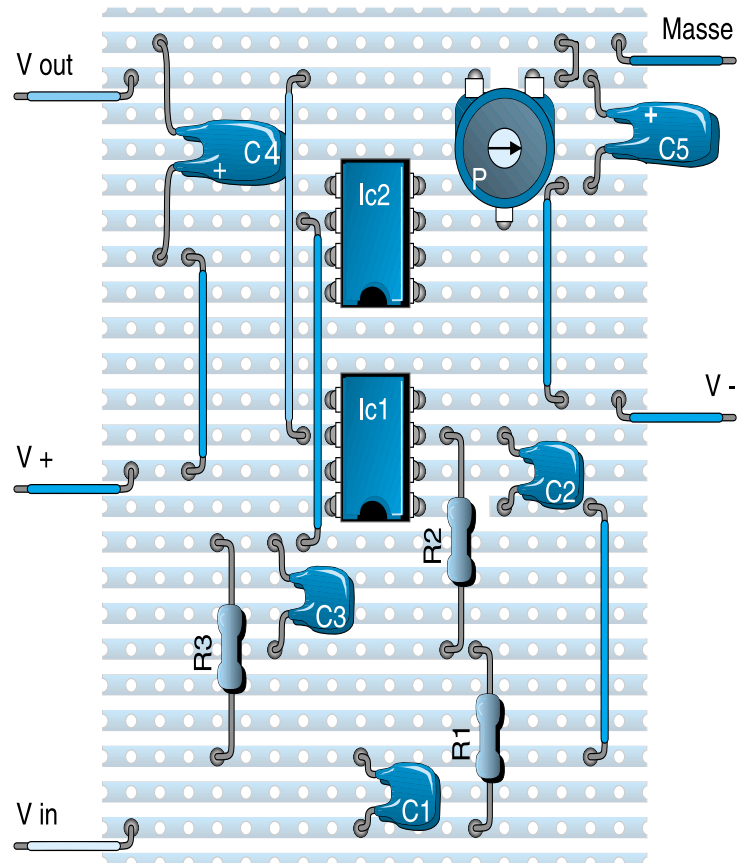


Fig 3 Implantation des éléments

R3 et C3. Un changement intéressant de la forte valeur du facteur de qualité Q du double 'T' se produit quand les composants ne sont pas exactement assortis dans leur rapport entre eux. Par exemple, une augmentation de 1 à 10 pour cent de la valeur de C3 fera augmenter Q, tandis que la profondeur du filtre éliminateur de bande sera dégradée. Si la valeur de C3 est augmentée de 10 à 20 pour cent, le réseau fournira du gain en tension et agira comme un amplificateur opérationnel accordé. Un gain en tension de 400 fut obtenu durant des tests. Des augmentations plus importantes de la valeur de C3 entraîneront le circuit à osciller, donnant en sortie une onde sinusoïdale coupée.

Le circuit est facile à utiliser et seulement quelques détails doivent être considérés pour un fonctionnement correct. Afin de minimiser la dérive en température de la fréquence du filtre éliminateur de bande, des capacités en mica argenté, ou en polycarbonate, doivent être employées avec des résistances de précision. La profondeur du filtre dépend de l'appariage des composants ; par conséquent, des résistances à 0,1 pour cent et des capacités à 1 pour cent sont suggérées afin de minimiser le réglage nécessaire pour un filtre de 60 dB. Afin d'assurer la stabilité du LM310, les alimentations doivent être filtrées près du circuit intégré par des capacités chimiques de 10 µF. Pour le calcul de la fréquence centrale du filtre éliminateur de bande, voici les différentes équations : $F_0 = 1 / (2 \times 3,14 \times R1 \times C1)$; $R1 = R2 = 2 \times R3$; $C1 = C2 = C3/2$

M. LAURY

NOMENCLATURE

- U1, U2 : LM310
- R1, R2 : 10 MΩ 1/4 W
- R3 : 5 MΩ 1/4 W
- R4 : potentiomètre 50 kΩ
- C1, C2 : 270 pF
- C3 : 540 pF
- C4, C5 : 10 µF/16V
- J1 à J7 : connecteurs 2 points

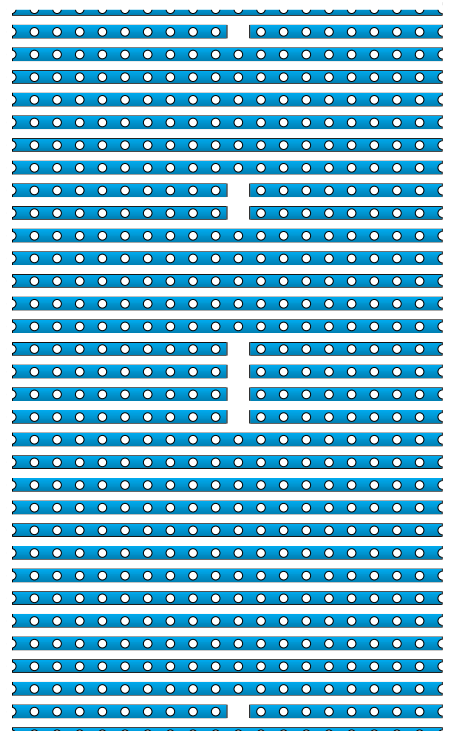


Fig 2 Préparation de la plaque

Découvrez l'anglais technique

Glossaire Français-Anglais

- Double : **Twin**
- Réseau : **Network**
- Quelques : **A few**
- Capable : **Capable**
- Produire : **Provide**
- Filtre éliminateur de bande :
Notch filter
- Profondeur : **Deep**
- Infini : **Infinitely**
- Combiner : **To combine**
- Amplificateur opérationnel :
Operationnal amplifier
- Suiveur de tension :
Voltage follower
- Inconvénient : **Drawback**
- Habituel : **Usual**
- Surmonter : **To overcome**
- Utilisé : **Used**
- Circuit : **Circuit**
- Monolithique : **Monolithic**
- En interne : **Internaly**
- Non inverseur : **Non-inverting**
- Gain unité : **Unity-gain**
- Transistor : **Transistor**
- Elevé : **High**
- Etage d'entrée : **Input stage**
- Obtenir : **To get**
- Faible : **Low**
- Courant de polarisation :
Bias current
- Sans : **Without**
- Sacrifier : **To sacrifice**
- Vitesse : **Speed**
- Compensation interne :
Internal compensation
- Réserve : **Provision**
- Equilibrer : **To balance**
- Décalage : **Offset**
- Tension d'entrée : **Input voltage**
- Composant : **Component**
- Utile : **Useful**
- Echantillonneur/bloqueur :
Sample and hold
- Rapide : **Fast**
- Filtre actif : **Active filter**
- Etage tampon : **Buffer**
- Usage général : **general purpose**
- De plus : **Further**
- Réponse en fréquence :
Frequency response
- Suffisamment : **Sufficiently**
- Meilleure : **Better**
- Inclure : **To include**
- Boucle de contre-réaction :
Feed-back loop
- Sans : **Without**
- Introduire : **To introduce**
- Instabilité : **Instability**
- Dérive : **Drift**
- Bruit : **Noise**
- En plus : **In addition**
- Plage : **Range**
- Tension de fonctionnement :
Operating voltage
- Augmenter : **To raise**
- Supérieur : **Greater than**
- Produire : **To provide**
- Faible résistance de sortie :
Low output resistance
- Utilisation : **Use**
- Valeur : **Value**
- Ainsi : **So**
- Capacité : **Capacitor**
- Requête : **Required**
- Ajouter : **To add**
- Application : **Application**
- Signal rejeter : **Rejected signal**
- Dévier légèrement :
Deviate slightly
- Avantageux : **Advantageous**
- Schéma : **Schematic**
- Diminuer : **To decrease**
- Réjection : **Rejection**
- Varier : **To Vary**
- Fraction : **Fraction**
- Renvoyer : **To feed back**
- Dépendant : **Dependent**
- Quantité : **Amount**
- Etre nécessaire : **To be necessary**
- Commander : **To drive**
- Si bien : **So that**
- Position : **Setting**
- Suivant : **Depending**
- Etroite : **Narrow**
- Jonction : **Junction**
- Normalement : **Normaly**
- Relier : **To connect**
- Masse : **Ground**
- Impédance : **Impedance**
- Cependant : **However**
- Changement intéressant :
Interesting change
- Se produire : **To occur**
- Assortir : **To match**
- Rapport : **Ratio**
- Augmentation : **Increase**
- Dégrader : **To degrade**
- Amplificateur
opérationnel accordé :
Tuned operational amplifier
- Obtenir : **To obtain**
- Osciller : **To oscillate**
- Onde : **Wave**
- Sinusoïdale : **Sine**
- Coupée : **Clipped**
- Facile : **Easy**
- Détail : **Feature**
- Etre considéré : **To be considered**
- Fonctionnement correct :
Proper operation
- Minimiser : **To minimize**
- Température : **Temperature**
- Mica : **Mica**
- Argent : **Silver**
- Polycarbonate : **Polycarbonate**
- Par conséquent : **Therefore**
- Suggérer : **To Suggest**
- Stabilité : **Stability**
- Alimentation : **Power supply**
- Filtrer : **To filter**
- Près : **Near**
- Chimique : **Chemical**
- Différent : **Different**
- Equation : **Equation**





Les filtres

Rappel des bases

Les filtres passifs sont composés de résistances, de condensateurs et de self-induction.

Les filtres actifs comprennent, en plus, des transistors ou des circuits intégrés.

Résistances

Elles obéissent à la loi d'Ohm :

$$I = \frac{U}{R}$$

sans déphasage de la tension sur l'intensité.

Condensateurs

$Z = 1/\omega C$, I est en avance sur U de

$$\frac{+\pi}{2},$$

leur impédance diminue avec la fréquence, avec une pente de 6 dB/octave. En série dans le circuit, le gain augmente avec la fréquence. En parallèle entre le circuit et la masse, le gain diminue avec la fréquence, c'est un coupe-aigus.

Self-induction

$Z = L\omega$, I est en retard sur U de

$$\frac{-\pi}{2}$$

leur impédance augmente avec la fréquence, avec une pente de 6 dB/octave. En série dans le circuit, le gain diminue avec la fréquence. En parallèle entre le circuit et la masse, le gain augmente avec la fréquence, c'est un coupe-grave.

Résonance série R+L+C :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

$L\omega = 1/C\omega$, $Z = R$. à la résonance, L et C en phase

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

Résonance parallèle

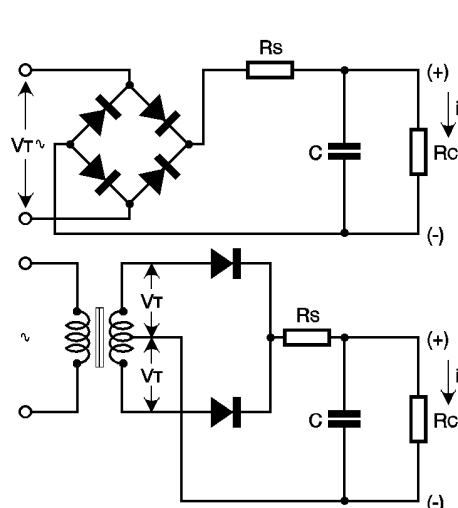
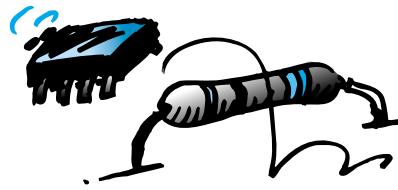


Fig 1 Formes d'onde obtenues avec les montages redresseurs monophasés deux alternances : a) de tension b) de courant



R + L avec C en parallèle, à la résonance :

avec R petit :

$$\frac{1}{C\omega} = L\omega, Z = \frac{U}{IE}$$

si R grand :

$$Z = \frac{L}{RC}$$

R en série avec L

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}, \text{ déphasage } \text{tg}\varphi = \frac{\omega L}{R}$$

Puissance : $U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cos\varphi$

R en série avec C

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}$$

$$\text{déphasage } \text{tg}\varphi = \frac{1}{R\omega C}$$

Puissance : $U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cos\varphi$

R en parallèle avec L

$$Z = \frac{R\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

$$\text{déphasage } \text{tg}\varphi = \frac{R}{\omega L}$$

Puissance $U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cos\varphi$

R en parallèle avec C

$$Z = \frac{R}{\omega C \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$$

déphasage $\text{tg}\varphi = -\omega CR$

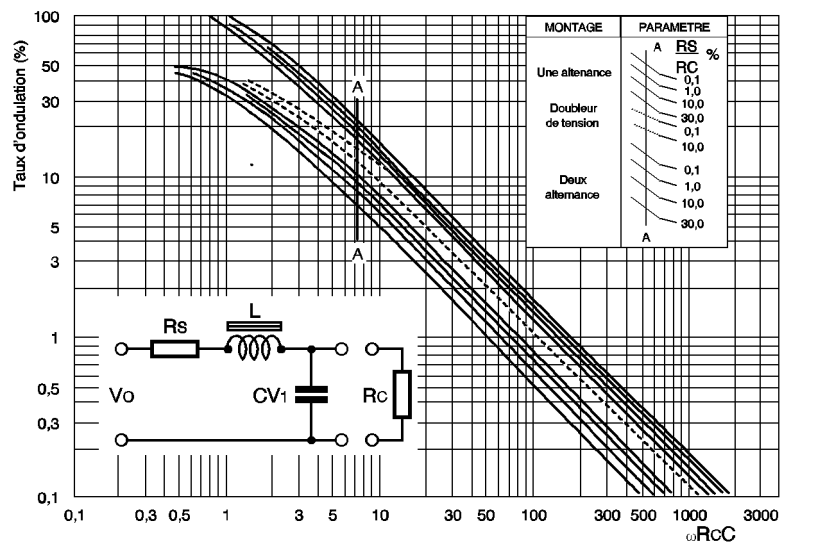


Fig 2

Pourcentage d'ondulation

Les filtres en alimentation secteur

Alimentation deux alternances

La figure 1 montre les formes d'ondes V et I obtenues avec les montages redresseurs monophasés deux alternances. Le taux d'ondulation est de l'ordre de 8% à 100 Hz. La cellule de filtre passe-bas R.L.C (figure 2) a une impédance

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

son efficacité est fonction du rapport R_s/RC et du produit ωRC ; c'est à dire une résistance série faible et la capacité de C la plus élevée possible.

Formule simplifiée : Taux de ronflement à la sortie du filtre : % : $256/LC$ (L = Hentys, C = μF). On obtient un taux de ronflement entre 0,5 et 0,1%

Efficacité du filtre

A l'entrée du filtre la tension de ronflement : V_o . L'intensité de ronflement

$$I_o = \frac{V_o}{Z}$$

(I_o = ampères, $V_o - V_1$: Volts, Z impédance du filtre = Ohms, C = Farads, $\omega = 2\pi F$, F = 100 Hz)

I_o parcourt aussi le condensateur C. La tension de ronflement à la sortie du filtre :

$$V_1 = \frac{I_o}{C\omega} \cdot \text{efficacité} = \frac{V_o}{V_1}$$

Éléments du filtre

- Alimentation basse tension pour transistors et circuits intégrés : L = entre 0,2 et 1H, C = 4700 à 47000 μF .
- Alimentation haute tension : L = entre 5 et 20H, C = 16 à 32 μF

Utilisations

- Une cellule LC est utilisée pour les circuits parcourus par une intensité élevée et l'inductance doit avoir une résistance faible pour limiter les pertes ; impédance

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

- Une cellule RC a une impédance

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

si les deux impédances sont égales, l'efficacité du filtre est semblable. Mais la chute de tension en continu de la cellule RZ est plus importante et le rendement énergétique est plus faible. En pratique une cellule RL est adoptée dans les circuits à faible intensité, par exemple pour le découplage des circuits. Elle est beaucoup plus économique.

Inductance de filtre

Cette inductance est constituée par un enroulement de fil émaillé sur un circuit magnétique en EI. Les tôles à faibles pertes (1,6W/kg) sont découpées en EI. Comme un courant continu parcourt la bobine, il faut prévoir un entrefer pour éviter la saturation du circuit magnétique. Il est constitué par une feuille de papier placée entre les E et les I. Le fil émaillé de la classe E (120°C) est bobiné sur un mandrin en nylon. Des

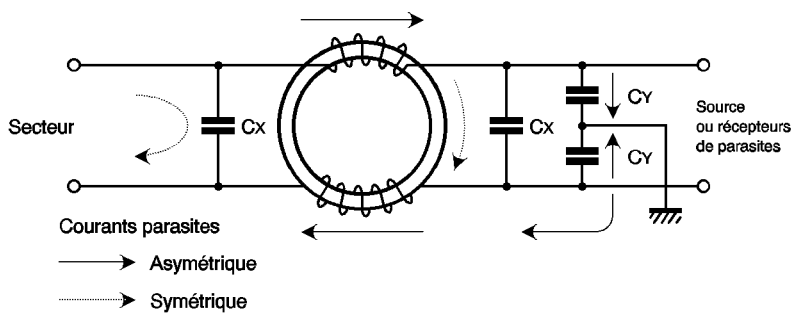


Fig 3 Filtre secteur en avec tore en ferrite

feuilles en plastique spécial sont disposées entre chaque couche de fil pour une meilleure rigidité du bobinage. Son isolement extérieur est assuré par un papier kraft électrique. On choisit les tôles pour avoir entre 10 et 30 At/cm. La section du fil est déterminée pour ne pas dépasser 2A/mm². Les inductances de filtre pour basse tension admettent une intensité importante, leur coefficient de self-induction n'est pas très important entre 100 mH à 1H.

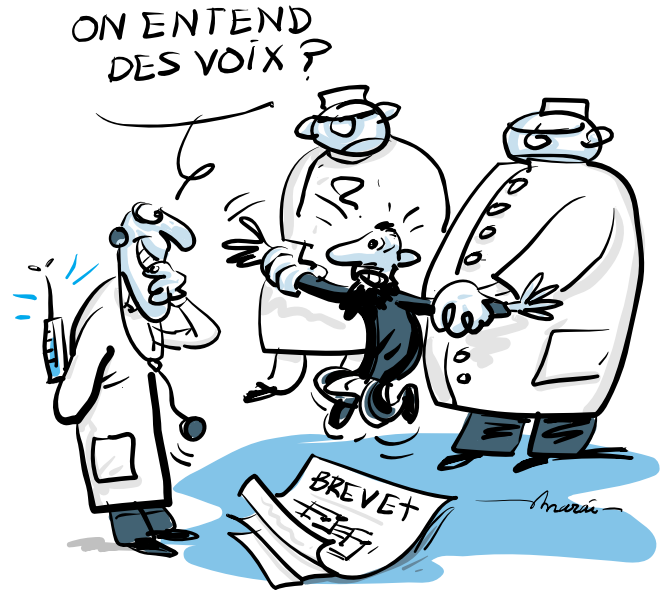
Filtres secteur

Un filtre secteur a un double rôle :
 - il arrête les parasites du secteur et protège l'appareil,
 - il arrête les parasites produits par l'appareil, afin qu'ils ne se propagent pas sur le secteur.
 Les parasites se propagent sur les lignes. Ils cheminent sur un fil du secteur et reviennent à la source par l'autre. Les deux courants parasites sont en opposition, c'est le mode différentiel ou symétrique.
 Des capacités parasites ou des

défauts d'isolement font naître des courants par les fils du secteur et qui reviennent par la terre, c'est le mode commun asymétrique.

Pour éviter la saturation du circuit magnétique du filtre (figure 3), on bobine les deux conducteurs sur un même circuit magnétique. Leurs flux magnétiques en sens contraire s'annulent. Par contre, les parasites symétriques ne sont pas atténués, des condensateurs de la catégorie Cx, entre les deux fils du secteur, se chargent de cette fonction.

Pour atténuer les courants parasites asymétriques, on renforce l'action de la bobine par des condensateurs de la catégorie Cy entre les fils du secteur et la masse. Les condensateurs Cx sont isolés au polyester, ils ont un isolement renforcé, leur valeur peut atteindre 1 µF. S'ils se mettent en court-circuit, ils ne présentent aucun risque pour l'utilisateur, le disjoncteur de l'appareil se coupe. Les condensateurs Cy sont isolés au polyester, ou au polypro-



pylène, ils ont un isolement renforcé. Si un défaut se produit, le courant de fuite élève le potentiel de la masse, éventuellement jusqu'à la tension du secteur, ce qui crée un danger pour l'opérateur. Pour les appareils fixes, on tolère jusqu'à 3,5 mA de courant de fuite, soit C max. 35 nF sous 230V. Pour les appareils mobiles, le courant de fuite est limité à 0,5 mA, soit C max. 2,5 nF sous 230V.

Bobine

Elle peut être réalisée, soit sur un circuit magnétique en tôles à faibles pertes, ou mieux sur un tore en fer-

rite classe 3. Le fil émaillé doit avoir une section suffisante pour un pas dépasser la densité de courant de 2A/mm². L'inductance est assez faible, entre 10 et 50 mH.

Utilisation obligatoire

Tous les appareils dont l'alimentation est assurée par des thyristors, ou des triacs, renvoient sur les fils du secteur des impulsions à front raide accompagnées par des harmoniques de rang élevé. Il est obligatoire de les munir d'un filtre efficace.

R. BESSON

ABONNEMENT PARRAINAGE

Abonnés, parrainez vos relations à **Génération ELECTRONIQUE**

En remerciement, vous recevrez le CD-ROM dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F) dès l'enregistrement du client parrainé

Bulletins à retourner à : Génération Electronique, Service Abonnements
 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16

BULLETIN DE PARRAINAGE

Nom du parrain :
 Adresse :
 Code postal : Ville :
 N° d'abonné à Génération Electronique :

BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom :
 Adresse :
 Code postal : Ville :
 Jé désire m'abonner à partir du N° : (N°1-2-3-11 épuisés)

Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

- 1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de 148 F
 + en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F)
 - 1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de 192 F
- Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :
- chèque bancaire mandat-lettre carte bleue
- signature : _____
- date d'expiration
- Nous acceptons les bons de commande de l'administration

ABONNEMENT

BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom :
 Adresse :
 Code postal : Ville :
 Jé désire m'abonner à partir du N° : (N°1-2-3-11 épuisés)

Oui, je souhaite m'abonner à Génération Electronique pour :

- 1 an (10 numéros) France + DOM-TOM au prix de 148 F
 + en cadeau mon CD-ROM le dictionnaire anglais français des termes de l'électronique (d'une valeur de 149 F)
 - 1 an (10 numéros) étranger (par voie de surface) au prix de 192 F
- Ci-joint mon règlement à l'ordre de Génération Electronique par :
- chèque bancaire mandat-lettre carte bleue
- signature : _____
- date d'expiration
- Nous acceptons les bons de commande de l'administration



SACRÉE LOGIQUE !

De toute évidence, il faut s'y mettre ! De nombreux montages et kits électroniques aujourd'hui mettent en œuvre de l'électronique à base de logique. La maîtrise de celle-ci nécessite pour le néophyte d'ouvrir et d'étudier un ouvrage traitant ce sujet ou bien d'utiliser un mode d'usage en cette fin de deuxième millénaire en terme d'apprentissage des connaissances : l'E.A.O. L'enseignement assisté par ordinateur associe le soucis de la formation à l'interactivité de l'apprenant avec le logiciel. Cette démarche a déjà séduit plus d'un utilisateur !

■ La logique à portée de tous !

Le mois précédent nous vous avons proposé une première découverte du logiciel LOGIC 1, développé et commercialisé par la Société FITEC. La consultation du site FITEC (<http://www.fitec.fr>) nous a donc permis de naviguer dans les pages de présentation et de découvrir les différentes applications logicielles proposées aux enseignants et aux apprenants : étude des concepts de base en électrotechnique, électronique, en énergétique et en informatique industrielle.

Le logiciel d'E.A.O. LOGIC 1, rappelons-le permet l'acquisition et le perfectionnement des connaissances en logique électronique. En assurant une auto-évaluation de l'apprenant, il propose plus de 250 exercices d'entraînement et d'évaluation.

■ Le point sur la logique

Le téléchargement de ce logiciel à partir du site FITEC autorise une utilisation restreinte de l'application, mais néanmoins permet d'en apprécier les fonctionnalités tant au niveau de la simplicité d'usage que de la clarté des concepts de formation abordés.

Le logiciel LOGIC 1 pour Windows est découpé en plusieurs modules qui comprennent eux-mêmes différentes leçons :

■ La logique par Modules

Le découpage par modules, associés aux leçons, permet une étude com-

D'après le schéma suivant, complétez la table de vérité (répondre à l'aide du clavier)

E1	E2	E3	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

En effet, si E1 = 1, E2 = 1 et E3 = 1 alors S = 1. Continuez en cliquant sur SUITE.

Fig 1 Les opérateurs logiques de base associés entre eux permettent l'étude des logigrammes dans les exercices d'entraînement.

plète des fonctions logiques de base. Le logiciel LOGIC 1 après avoir posé les concepts de base liés à l'étude des différentes fonctions essentielles, de l'opérateur logique INVERSEUR à l'opérateur logique OU exclusif, propose des exercices d'entraînement récapitulatifs et réalisant l'association des fonctions étudiées. Cette démarche conduit l'apprenant à traduire les logigrammes sous forme d'équations logiques.

Les équations extraites des logigrammes peuvent bien souvent être simplifiées, et ceci en connaissant certaines règles de la logique

Comparons les fonctions logiques suivantes :

Opérateur "NON ET"

Nous connaissons la table de vérité.

E1	E2	S1
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Remplissez la table de vérité de cette fonction :

E1	E2	S2
0	0	1
0	1	1
1	0	1

En effet, si E1 = 1 et E2 = 0 alors S2 = 1. Continuez en cliquant sur SUITE.

Fig 2 L'utilisation du théorème de De Morgan permet la simplification d'équations.

booléenne. Le Module « Simplification d'équations » répond à cette exigence.

Le dernier Module « Evaluation », établi à partir de QCM (questions à choix multiples) permet à l'utilisateur une auto-évaluation et par là



Le découpage par Modules du logiciel LOGIC 1 :

- Module 1 :** Introduction à la logique.
Représentation électrique - introduction aux opérateurs.
- Module 2 :** Opérateurs logiques de base.
Inverseur ET - OU - NON ET - NON OU - OU exclusif.
- Module 3 :** Simplification d'équations.
Commutativité - associativité - distributivité - théorème de De Morgan - autres propriétés.
- Module 4 :** Applications.
Opérateurs logiques - simplifications d'équations - analyse d'équations et de logigrammes.
- Module 5 :** Evaluation des connaissances.
Evaluation par QCM - Positionnement.

même de se positionner en terme de connaissances vis à vis de l'apprentissage de la logique électronique.

Un travail d'apprentissage pouvant s'effectuer seul ou en liaison avec un formateur référent. Quelque soit la démarche, le logiciel LOGIC 1 est complet dans ce domaine et offre la possibilité de tester son niveau d'appropriation des connaissances grâce à la diversité de ses exercices d'entraînement et d'applications.

ELECTRONIQUE LOGIQUE LOGIC 1	MODULES	Introduction à la logique	LEÇONS	Opérateur logique Inverseur
		Opérateurs logiques de base		Opérateur logique ET
		Simplification d'équations		Opérateur logique OU
		Applications		Opérateur logique NON-ET
		Evaluation		Opérateur logique NON-OU
				Opérateur logique OU exclusif
				Exercices d'entraînement

Ci-dessus nous avons ouvert le Module « Opérateurs logiques de base » qui donnent accès aux différentes leçons.

Eric FELICE.

Simulateur d'alarme

Ce montage produit, sur quatre LED, un effet lumineux semblable à celui d'un scanner de recherche, mais avec une périodicité presque aléatoire. Vous pouvez l'utiliser en gadget lumineux, mais il remplace élégamment les LED clignotantes des simulateurs d'alarme trop connus et à défaut servira de témoin de mise en fonction d'une vraie alarme. Son coût est modique et il est très simple à réaliser, aussi n'hésitez pas.

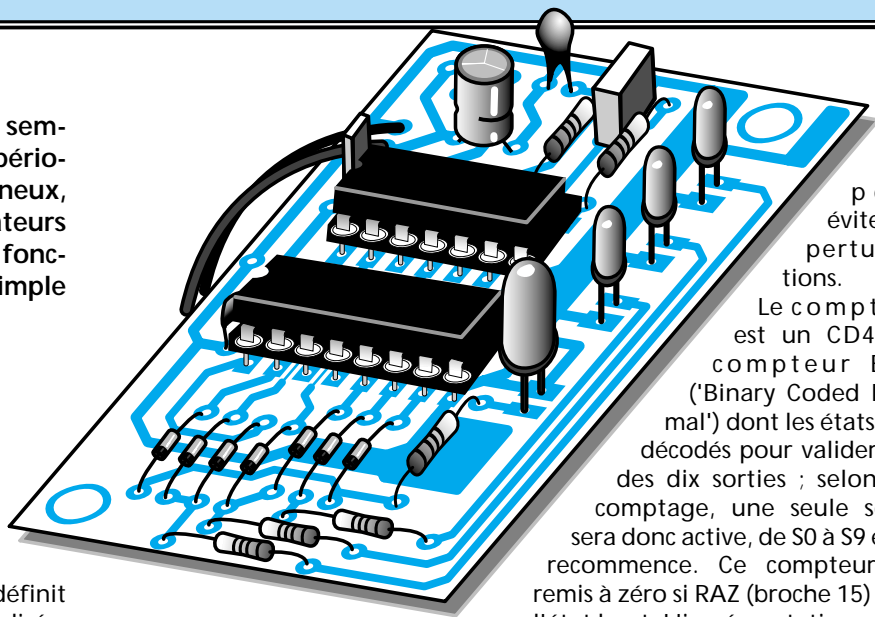
Le principe

Analyse fonctionnelle (fig.1)

Les LED sont commandées par un compteur suivi d'un décodage. Ce compteur incrémente au rythme d'une première horloge, mais est forcé à zéro par une autre horloge plus lente. On visualise ainsi une séquence particulière interrompue pendant la moitié du cycle. L'alimentation sera économe en énergie pour un fonctionnement éventuel sur pile.

Deux fonctions GENERATION DE SIGNAUX RECTANGULAIRES réalisent les deux horloges : la première définit la cadence de la séquence visualisée, donc la fréquence d'horloge CLK du compteur ; la seconde, bien plus lente, interrompt ce séquençement en forçant la remise à zéro RAZ du compteur. La fonction COMPTAGE intègre ce compteur ; ses sorties sont

codées par la fonction CODAGE et enfin traduites en émission lumineuse par la fonction VISUALISATION. Une fonction REGULATION en tension sera nécessaire que si la tension dépasse 18V



pour éviter les perturbations.

Le compteur est un CD4017, compteur BCD ('Binary Coded Decimal') dont les états sont décodés pour valider une des dix sorties ; selon son comptage, une seule sortie sera donc active, de S0 à S9 et on recommence. Ce compteur est remis à zéro si RAZ (broche 15) est à l'état haut. L'incréméntation se fait sur le front montant de CLK par le choix de câblage des broches 13 et 14 (front descendant par la broche 13 si la broche 14 est reliée à Vcc). Pour la succession voulue sur quatre LED, on réalise simplement un codage à diodes : les diodes sont passantes quand la sortie correspondante d'IC3 est à l'état haut ; on réalise ainsi des fonctions logiques OU-câblées.

Le courant dans les LED est limité par le résistor en série (R3 à R6). Les LED s'allument en suivant la succession indiquée dans le tableau ci-dessous. On observe ainsi deux impulsions sur la LED D11, suivi d'un "aller-retour" sur les LED D8 à D10.

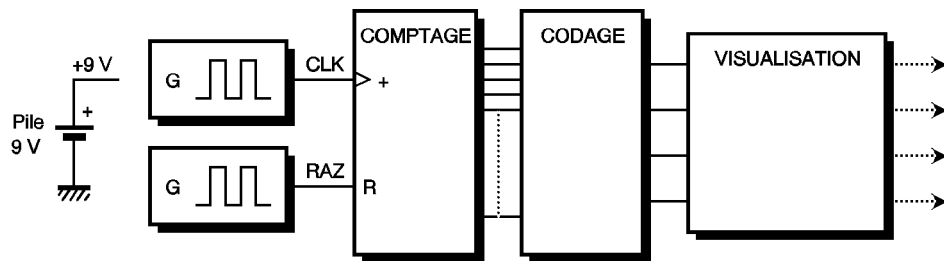


Fig 1

synoptique complet

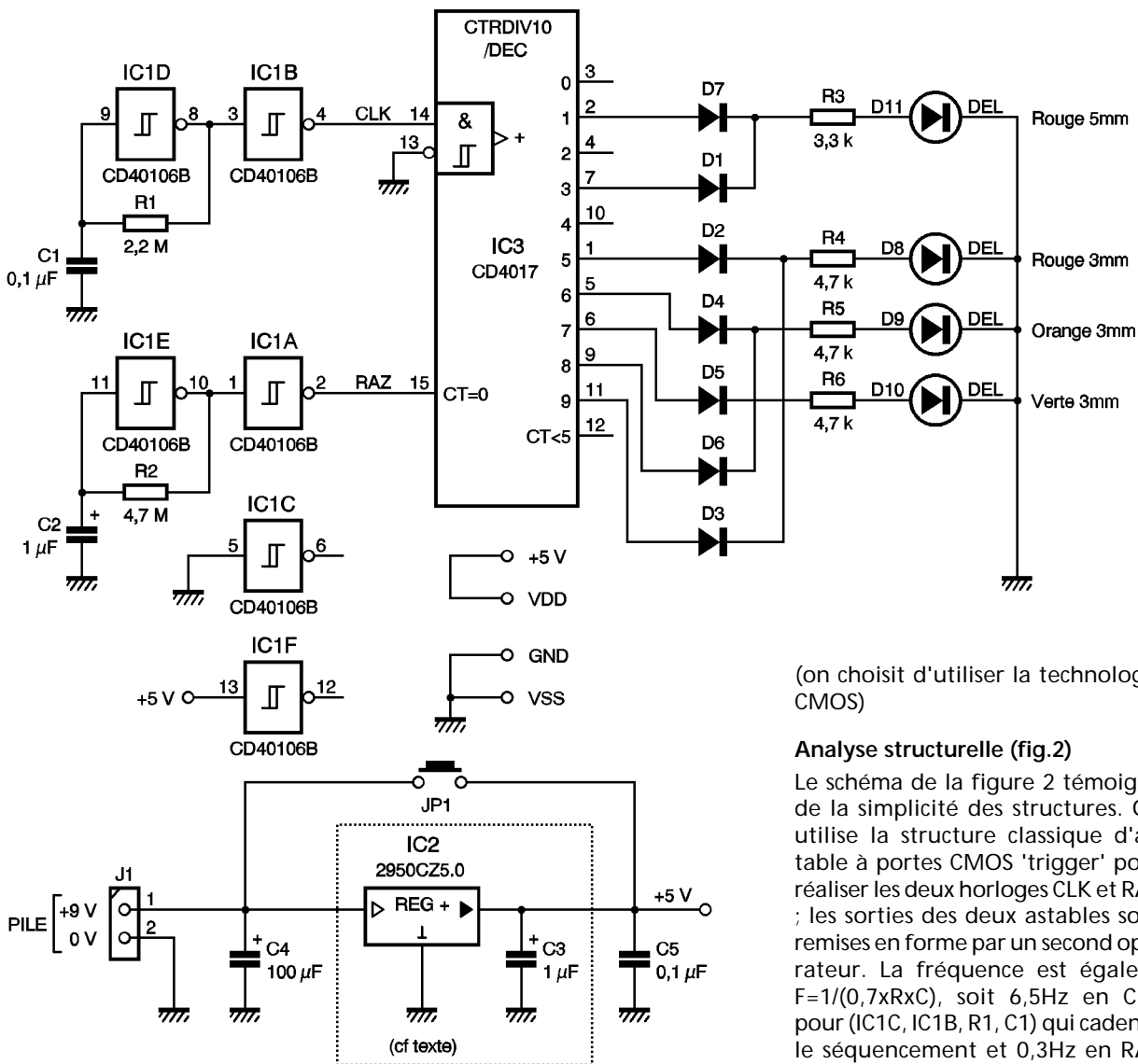


Fig 2

Schéma de principe

(on choisit d'utiliser la technologie CMOS)

Analyse structurelle (fig.2)

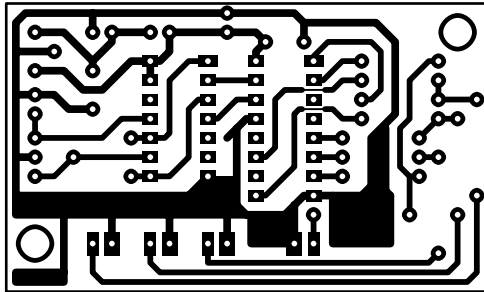
Le schéma de la figure 2 témoigne de la simplicité des structures. On utilise la structure classique d'astable à portes CMOS 'trigger' pour réaliser les deux horloges CLK et RAZ ; les sorties des deux astables sont remises en forme par un second opérateur. La fréquence est égale à $F=1/(0,7 \times R \times C)$, soit 6,5Hz en CLK pour (IC1C, IC1B, R1, C1) qui cadence le séquençement et 0,3Hz en RAZ pour (IC1E, IC1A, R2, C2) qui remet à zéro le compteur. Les deux opérateurs inutilisés d'IC1 sont polarisés

Comptage	D11	D8	D9	D10
0				
1	⊖			
2				
3	⊖			
4				
5		⊖		
6			⊖	
7				⊖
8			⊖	
9		⊖		

L'alimentation s'effectue via J1. Les condensateurs C4 et C5 assurent un découplage pour les appels en courant. Comme la structure est réalisée en technologie CMOS, une tension d'alimentation de 3 à 18V convient, aussi JP1 est câblé. Pour autoriser son fonctionnement jusqu'à 35V d'alimentation (batterie 24V...), il faut câbler le régulateur IC2, ainsi que C3 et supprimer le cavalier JP1 ; ce régulateur sera un modèle faible courant de polarisation et faible chute de tension ('LDO' type LP2940CZ5.0) ou un modèle plus classique 78L05 à 78L12.

Fabrication

Le tracé du typon est fourni en figure 3 et l'implantation des composants en figure 4. Réalisez la carte imprimée par votre méthode usuelle (feutres, rubans et pastilles ou transfert photographique de préférence)



Impression

Fig 3

en soignant les deux passages entre pastilles d'IC3 ; protégez les pistes par un vernis anticorrosion ou mieux un étamage à chaud, percez les trous à 0,8 mm en agrandissant à 1 mm ceux de J1 et JP1 ; Vérifiez le circuit (couper les courts-circuits au cutter et réparez les micro-coupures par soudage) ; implantez les composants et soudez-les au fur et à mesure en respectant leur polarité et en utilisant des supports tulipes pour IC1 et IC3 ; les soudures seront fines et brillantes. On peut relier directement le connecteur de pile en place du bornier J1. Le cavalier JP1 est remplacé par IC2 et C3 si vous désirez alimenter la carte au-delà de 15V.



■ Tests et réglages

Pour vous éviter la déception du "soude-branche et ne marche pas !", suivez la démarche proposée : N'in-

Tracé du circuit imprimé

seriez pas les circuits dans les supports, ainsi ces derniers servent de "relais" pour les connexions temporaires de test, réalisées en fil rigide 0,6 mm isolé. Entre chaque essai, il faut supprimer les connexions temporaires et déconnecter l'alimentation.

Pour l'alimentation, on utilise une pile de 9V reliée en J1, à défaut d'alimentation stabilisée ; si vous avez câblé IC2, reliez un voltmètre entre les broches 14 et 7 du support d'IC1 et vérifiez une tension de +5V ; sinon revoir le câblage de JP1.

Reliez successivement les broches 2, 7, 1, 11, 5, 9, 6 du support d'IC1 à l'alimentation (broche 14) et vérifiez l'allumage successif des LED : deux fois D11, D8 et D9 mais une seule fois pour D10.

Insérez IC1 dans son support ; sur le support d'IC3, reliez la broche 14 à la broche 2 et la broche 15 à la broche 1 ; vérifiez le clignotement

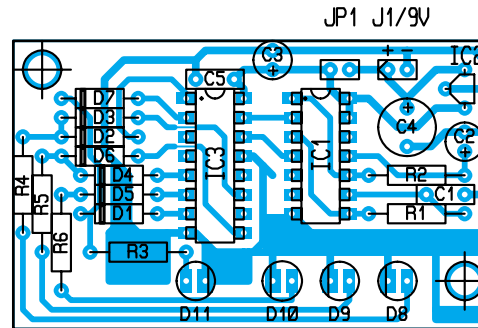
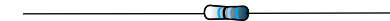


Fig 4

rapide de la LED D11 et celui bien plus lent de la LED D8. Insérez IC3 et vérifiez le séquençement 11→D11→D8→D9→D10→D9→D8 qui se répète avant l'extinction pendant le même temps. C'est fini, le montage fonctionne correctement.



■ Conclusion

La cadence du séquençement est aisément modifiable selon vos préférences en retouchant la valeur de R1 ou de R2. Vous pouvez changer la couleur et la taille des LED pour modifier l'effet lumineux. En retouchant R3 à R6, vous modifiez l'intensité lumineuse mais peut-être au détriment de la consommation. Un montage simple, attractif, même si un peu gadget, mais vous en trouverez sûrement une application.

P. WALLERICH

■ NOMENCLATURE

Nomenclature

R1 : 2,2 MΩ 1/4W

R2 : 4,7 MΩ 1/4W

R3 : 3,3 kΩ 1/4W (1kΩ à 6,8kΩ)

R4, R5, R6 : 4,7 kΩ 1/4W

C1 : 0,1 μF milfeuil

C2, C3 : 1μF/16V tantale goutte

C4 : 22 à 100 μF/25V (40V si IC2) électrochimique radial

C5 : 0,1 μF céramique multicouches

IC1 : CD40106 (portes NON 'trigger' CMOS)

IC2 : LP2940CZ5.0 ou 78L05 à 78L12 (cf. texte)

IC3 : CD4017 (compteur BCD/DEC CMOS)

D1 à D7 : diode commutation 1N4148

D8, D9, D10 : LED 3 mm rouge, orange et verte

D11 : LED 5 mm rouge

J1 : connecteur pile 9V

JP1 : cavalier ou strap (cf. texte)

C1 : circuit imprimé époxy 65x40 mm

1 support tulipe 14

broches pour IC1

1 support tulipe 16 br



Le photophone de Bell

Les premiers essais de transmission d'une conversation que Graham Bell effectuée à l'aide de son téléphone en 1876 se déroulent sur de faibles distances et entre des interlocuteurs directement reliés. L'exploitation commerciale de ce procédé oriente donc rapidement les recherches vers des procédés qui permettent de commuter des lignes d'abonnés ou d'améliorer la qualité du signal transmis. C'est afin de répondre à ce deuxième impératif que Bell propose un système pour le moins original : le photophone.

Bell et Tainter

Les lignes de conducteurs utilisées pour la transmission entre Salem et Boston (environ 30 kms), le 12 février 1877, sont constituées de fils de fer. Ce matériau, employé alors pour le télégraphe, entraîne une dégradation rapide du signal téléphonique. Graham Bell qui entre-

différentes agglomérations, car les téléphones sont utilisés dans une zone géographique qui dépasse rarement la dizaine de kilomètres carrés et ne relie directement que quelques correspondants. Dans les entreprises, ils remplacent avantageusement les réseaux de tubes

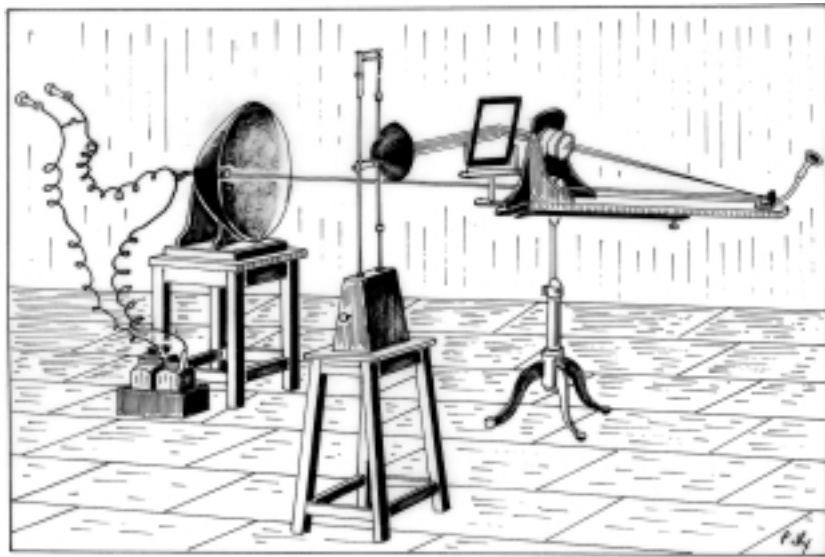


Fig 1

Le photophone.

prend de fournir des supports plus adaptés aux transmissions à longue distance, crée un modeste laboratoire de recherche afin de réunir les talents nécessaires à la concrétisation de ses idées en matière d'amélioration des lignes. C'est ainsi qu'il fait la connaissance de Charles Sumner Tainter (1854-1940), un technicien qui s'est spécialisé dans la construction d'appareils de précision.

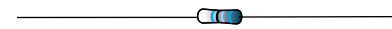
Au cours du mois de décembre de l'année 1879, à peine installé dans un local que Bell loue sur Washington, Tainter se voit confié la charge de mener des recherches sur un procédé de transmission susceptible d'utiliser la lumière. L'idée de Bell est que le signal électrique qui circule sur les lignes peut être perturbé de multiples façons et nécessite des supports coûteux comme les poteaux, les isolateurs, etc, alors que la lumière voyage directement d'un point à un autre. Ce projet qui peut paraître un peu fou ne l'est pas tant que cela, si on se replace dans le contexte de l'époque. En effet, il n'est pas encore envisageable de détrôner le télégraphe qui relie les

accoustiques et les transactions commerciales distantes s'effectuent toujours par le biais du courrier ou des messages télégraphiques. Le système optique qu'imagine Bell doit donc améliorer la qualité sonore des communications locales.

Le photophone

Cet appareil (que vous pourrez découvrir en visitant le Musée des Arts et Métiers de Paris) est présenté pour la première fois en France le 18 octobre 1880, à l'Académie des sciences. Sur la figure 1 qui montre l'ensemble du dispositif, on distingue sur la droite un microphone dont l'extrémité est constituée, non pas d'une membrane classique, mais d'un miroir qui vibre sous l'effet des ondes sonores. La source de lumière provient d'une lampe dirigée vers un grand miroir. Ce dernier réfléchit cette lumière en direction d'une lentille afin qu'elle soit focalisée sur le miroir vibrant qui est, lui-même, placé de telle sorte que la lumière

soit renvoyée vers une nouvelle lentille. Le faisceau lumineux peut donc être orienté avec un minimum de dispersion en direction d'un réflecteur parabolique au centre duquel se trouve un capteur photosensible au sélénium. Les modulations de la lumière entraînent des variations de courant dans le circuit de la pile et des écouteurs téléphoniques, tout à fait semblables à celles produites par un microphone ordinaire. Le trajet de la lumière, repris sous une forme plus schématique sur la figure 2, fait apparaître la nécessité d'une grande précision de l'orientation de l'émetteur et de la parabole. Il convient en outre de disposer d'une source lumineuse qui se distingue de la lumière ambiante sous peine d'introduire des parasites désagréables.



Sans avenir ?

Mis à part les quelques démonstrations publiques de cet appareil, on ne lui trouve pas d'usage réel, même si des chroniqueurs scientifiques de l'époque suggèrent qu'il pourrait être utile aux militaires, notamment pour communiquer avec une ville assiégée : "La bougie Jablochhoff, par exemple, pouvant s'éteindre et se rallumer instantanément, selon que l'on ouvre ou que l'on ferme le circuit, peut être commodément employée pour faire communiquer deux forts assiégés ou un fort et une ville. Le photophone bien connu, vulgarisé, serait encore beaucoup supérieur. En effet, que peut-on craindre dans ces sortes de correspondances ? C'est que l'ennemi arrive à en comprendre le sens. Or, dans le télégraphe à éclat de lumière, rien ne lui est plus facile que d'intercepter les signaux ; une longue-vue lui suffira pour les apercevoir ; quant au sens, la clef des signes sera bientôt connue des

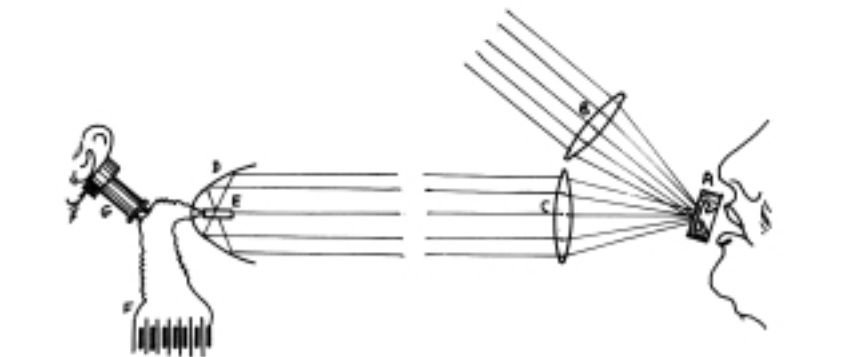


Fig 2

Trajet de la lumière.

espions. Dans le photophone, rien de tout cela : pas de signaux, pas d'alphabet, mais seulement des rayons lumineux qui vont au loin porter les paroles mêmes du correspondant." (Georges Dary, Tout par l'Electricité, chez A. Mame, 1883).

Ce type d'usage qu'on imaginait à cette époque se retrouve de nos jours pour communiquer, mais aussi, écouter très discrètement les conversations d'autrui.

Il s'agit en effet de ces appareils qui utilisent un faisceau laser dirigé sur une vitre de la pièce où se trouvent les personnes écoutées et dont la voix suffit à faire vibrer la vitre comme la membrane miroir de l'appareil de Bell.

Notre maquette

Le photophone que nous vous proposons de réaliser peut paraître bien rudimentaire par rapport à ses développements actuels, mais il présente l'avantage d'être plus conforme à l'esprit qui anima ses concepteurs. Notre seule concession réside dans le système d'amplification électronique, plus simple à réaliser et pratiquement sans réglages.

Sélénium ?

A l'origine, l'appareil de Bell comportait une cellule photoélectrique au sélénium, un métalloïde découvert en 1817 par Berzélius au cours de ses expériences sur la décomposition des alcalis qu'il pratique alors avec Humphry Davy.

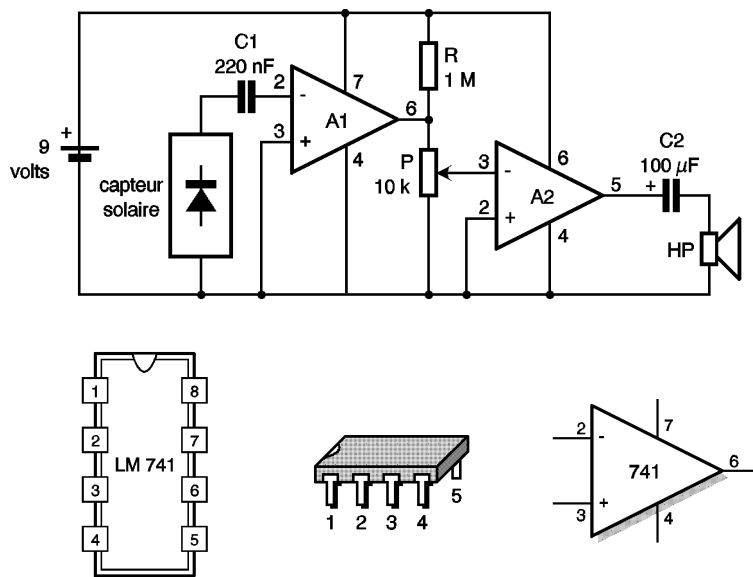


Fig 3

Schéma de principe.

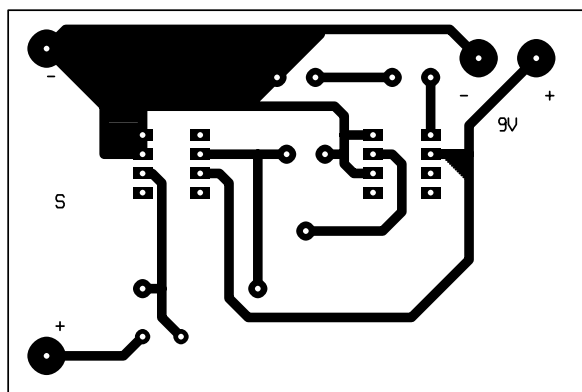


Fig 4

Impression

Tracé du circuit imprimé.

La propriété de ce matériau étant d'offrir une conductibilité électrique variable en fonction de la lumière, c'est tout naturellement qu'il est choisi pour la réalisation du capteur. Sur la figure 2, la pastille de sélénium E est placée au point focal de la parabole D. Comme vous pouvez le constater, ce sont les variations de la lumière parvenant à sa surface, et elles seules, qui induisent la production des sons dans le circuit du récepteur téléphonique G alimenté par une batterie F. Ce dispositif, outre la réalisation du photophone, permet à Bell et Tainter d'effectuer une multitude d'observations relatives aux modifications de conductibilité des corps les plus divers en fonction de la lumière, ce qui les amena à conclure que tous les corps sont capables, à des degrés de sensibilité différents, de rendre des sons sous l'effet de variations lumineuses, avec ce théorème selon lequel : " les sons les plus intenses sont produits par les substances les plus désagrégées, spongieuses et poreuses, et dont la couleur sombre est la plus absorbante."

de réglage le potentiomètre P. Un capteur solaire à couches minces au silicium amorphe convient parfaitement, mais faites attention cependant au sens de branchement avec les polarités repérées du côté soudures. Les cellules testées pour cette réalisation sont des SOLEMS et PANASONIC SUNCERAM 2 (24x33 mm)

La fabrication de notre photophone

Notre photophone comporte les éléments de base de l'appareil de Bell et Tainter, à savoir la pile, le capteur et le haut-parleur. Les deux amplificateurs opérationnels (voir le schéma du montage figure 3) ont pour fonction de former un amplificateur audio, avec pour seul facteur

avec des résultats équivalents. Ce sont les premières que nous avons cependant retenues en fonction du prix (~12 F l'unité), car ses 5 photodiodes montées en série délivrent 2,8V et 85 µA pour 100 Lux, ce qui est amplement suffisant.

Vous n'aurez aucune difficulté pour la réalisation de cette maquette parfaitement bien aérée, qui tient dans un petit boîtier (figures 4 à 7).

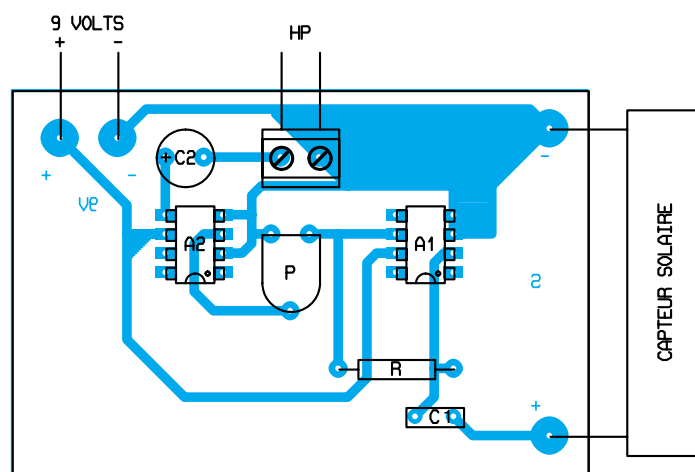


Fig 5

Implantation des éléments.

Les essais

Pour les essais, placez la pile de 9V dans son support, puis installez-vous dans une pièce où règne une certaine obscurité, comme une chambre avec ses volets fermés. Allumez la lumière puis dirigez le capteur vers la lampe d'éclairage. Tour-

de plastique qui servent à emballer les fleurs ou qui forment l'enveloppe des ballons fantaisie, de couleur argent.

Placez le récepteur dans un endroit obscur, puis éloignez-vous avec le tambour en l'orientant de telle sorte que la lumière du soleil se réfléchisse sur sa surface brillante et soit ren-

voyée vers le capteur solaire. Si vous prononcez quelques mots bien articulés en direction du tambour, la personne qui a son oreille à proximité du haut-parleur aura la surprise de les entendre distinctement. Il est bien évident que le tambour doit être fixé sur un tabouret ou calé sur une table pour éviter au maximum les mouvements parasites. En outre, n'utilisez qu'une source de lumière à flot continu, comme la lumière solaire ou le faisceau d'une lampe alimentée par piles, pour qu'il n'y ait pas de bourdonnements parasites.

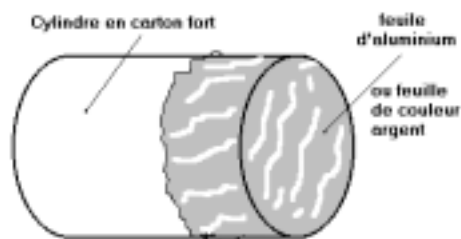


Fig 6

Fabrication du tambour réflecteur.

nez doucement le potentiomètre jusqu'à obtenir un bourdonnement dont la fréquence correspond aux 50 Hz de la lampe. Votre photophone étant contrôlé, il vous suffit ensuite de fabriquer un tambour dans un tube de carton fort ou de plastique de 20 cm de diamètre environ. Placez sur son extrémité une feuille d'aluminium maintenue par un élastique, ou mieux, une de ces feuilles

de plastique qui servent à emballer les fleurs ou qui forment l'enveloppe des ballons fantaisie, de couleur argent.

Quelques précautions

Vous pourrez, bien entendu, améliorer votre réalisation en utilisant des accessoires tels qu'un déflecteur récupéré dans un phare de voiture ou des jeux de lentilles optiques. Mais dans tous les cas, même avec sa version la plus simple du photophone, n'oubliez pas de vous munir de lunettes de soleil afin d'éviter les brûlures ou les éblouissements au niveau des yeux.

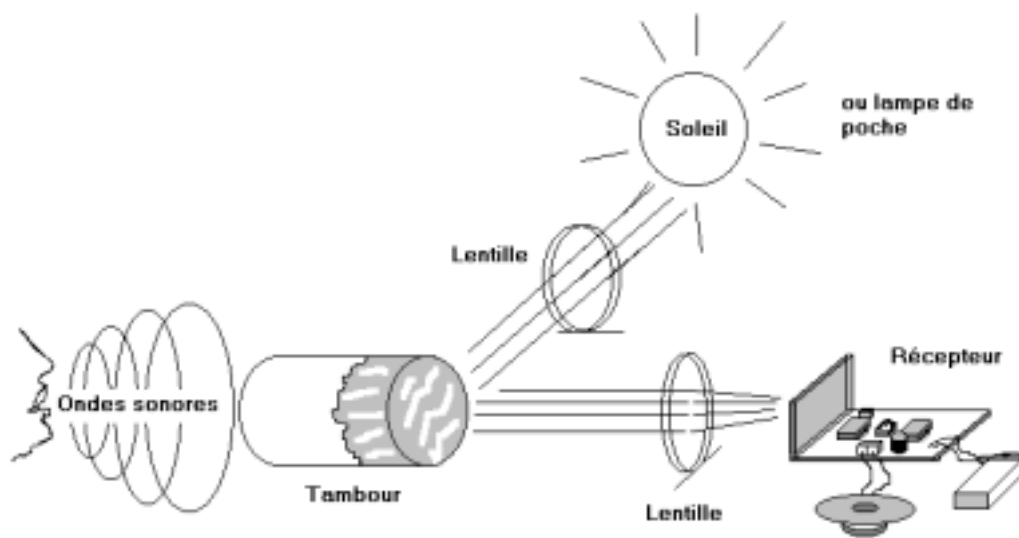


Fig 7

Utilisation du photophone.

P. RYTTER

NOMENCLATURE

A₁ : Ampli-Op LM741
 A₂ : Ampli-Op 386
 R : résistance 1 MΩ (marron, noir, vert)
 P : potentiomètre 4,7 kΩ ou 10 kΩ
 C₁ : condensateur 220 nF
 C₂ : condensateur

chimique 100 µF
 HP : haut-parleur 8 Ω
 1 support de piles 9V
 1 pile 9V
 1 tube de carton Ø~15 à 20 cm
 Alu ou plastique réfléchissant
 1 cellule photo-voltaïque SOLEMS



Valdemar Poulsen

■ Le phonographe électromagnétique

L'année 1898 est particulièrement fructueuse pour V. POULSEN, car il procède alors à quelques travaux qui orientent particulièrement la suite de son travail avec, entre autres, la mise au point d'un appareil de télégraphie sans fil qui exploite le principe de l'arc chantant. Cependant, c'est le résultat d'une expérimentation d'allure plus anodine à laquelle il se livre au cours de mois d'août de cette année qui lui procure l'occasion d'utiliser au mieux toute l'étendue de ses talents d'ingénieur.

Cette expérience, que vous pourrez reproduire facilement, consiste à poser un aimant permanent sur une lame d'acier à un endroit quelconque. En retirant l'aimant et en plongeant la lame dans de la limaille de fer, on constate que cette dernière se fixe au point exact où se trouvait l'aimant et, par conséquent, que cette aimantation ponctuelle permet d'effectuer un marquage des signaux que l'on souhaite conserver.

V. POULSEN remplace la lame par un fil d'acier qu'il fixe sur une planche et sur laquelle il déplace un électroaimant. Alimenté par un microphone de téléphone, cet électroaimant génère un flux magnétique qui s'imprime le long du fil d'une façon variable, dans la mesure où il est déplacé en même temps que sont prononcés des mots. HELGE HOST raconte à ce sujet dans la biographie qu'il consacre à POULSEN que ce dernier prononçait sans arrêt le mot *Jacob*, qu'il put entendre après avoir remplacé le microphone par un écouteur téléphonique.

Le principe de l'enregistrement magnétique étant acquis, il ne lui reste plus qu'à imaginer un dispositif mécanique qui permette d'enrouler et dérouler un fil d'une longueur suffisante pour que ce système puisse trouver des applications pratiques. Il s'inspire donc pour cela de deux appareils récents, mais dont le succès est indéniable :

le phonographe à tambour d'EDISON (décembre 1877) et le télégraphe avec enregistreur papier.

La demande de brevet qu'il dépose le 1^{er} décembre 1898 (brevet N° 2653), fait en effet mention d'un appareil comportant un fil d'acier enroulé en spires jointives sur le corps d'un cylindre. Il ajoute cependant la possibilité d'utiliser une fine bande d'acier qui s'enroule d'une bobine sur l'autre en passant sous la tête d'un électroaimant. Cet appareil, que POULSEN a appelé *Telegrafon*, pour signifier qu'il s'agit d'un *enregistreur de paroles au loin*, n'est pas destiné à concurrencer le phonographe d'EDISON mais doit permettre d'enregistrer les conversations téléphoniques.

■ Le répondeur téléphonique

Dans le brevet français n° 288.243 (de 1899), POULSEN précise les avantages que la téléphonie peut retirer de son système : *"L'invention a une très grande importance pour les communications téléphoniques ; en effet, en annexant à un appareil téléphonique un dispositif convenable, des messages peuvent être reçus directement par ce dispositif, en l'absence du destinataire, qui pourra les faire se reproduire quand il voudra."*

Placé à proximité du téléphone, l'enregistreur dispose d'un commutateur permettant d'enregistrer ou d'écouter un message enregistré sur le fil d'acier enroulé sur son cylindre. Ce dernier n'est pas disposé horizontalement comme sur le phonographe, mais verticalement. En outre, ce n'est pas le cylindre qui tourne, mais un cadre mobile sur lequel est disposé un chariot porte tête. Afin de permettre des lectures et écritures aussi fines que possible, la tête se compose d'un électroaimant doté d'une paire de noyaux taillés de façon à épouser au mieux la forme du fil et comportant chacun un bobinage. C'est un moteur d'horlogerie qui entraîne le cadre en rotation autour de l'axe du cylindre, avec un système de régulation à ailettes qui maintient une vitesse de déplacement constante. Des électroaimants sont astucieusement utilisés afin d'enclencher la rotation et le basculement des têtes en cas d'appel, ainsi que le retour rapide en position repos dès que le message a été délivré. Mais sous cette forme, l'appareil ne peut pas encore enregistrer le motif de l'appel. L'abonné peut donc s'absenter en enregistrant que : *Monsieur Dupont sera absent du 18 au 23 octobre inclus. Veuillez rappeler après cette date ou écrire à telle adresse.* Il lui suffit pour cela de décrocher le microphone de son téléphone et d'enclencher la rotation de l'enregistreur. De retour à son domicile, il commute les fils

d'une pile électrique sur les bornes de la tête et lance un nouvel enregistrement qui efface complètement le message.

■ Le répondeur/enregistreur

C'est dans son brevet anglais N° 8961 de 1899 que POULSEN présente un appareil qui reprend globalement le principe de la fine bande d'acier qui s'enroule sur deux bobines, offrant une durée d'enregistrement de l'ordre de 3 minutes. Un moteur électrique entraîne les bobines en marche avant ou en rembobinage, avec un système de frein dont le rôle consiste à empêcher la bande de métal de se distendre. En outre, un palpeur stoppe le moteur pour éviter la sortie de la bande en fin de lecture ou d'écriture. En combinant les deux appareils, à cylindre et à bande, il est dès lors possible d'obtenir un système répondeur/enregistreur complet.

■ Vers la commercialisation

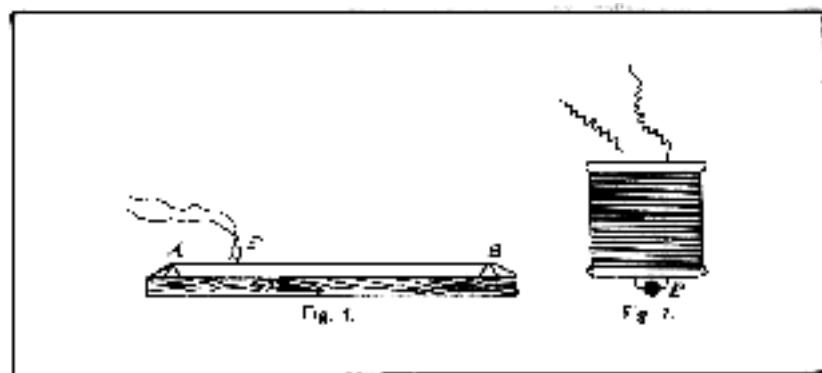
POULSEN quitte la Société des téléphones de Copenhague et entre en contact avec SÖREN LEMVIG FOG, un homme d'affaire danois qui l'aide à financer une société d'exploitation. Un laboratoire de recherche est aussitôt créé à Copenhague avec, à sa tête POULSEN et PER OLAF PEDERSEN, un ingénieur de formation qui collabore à la direction technique. Les ingénieurs et techniciens recrutés alors ont la charge de réaliser une petite série d'appareils de démonstration bien plus simples que ceux imaginés par POULSEN. Les débouchés commerciaux encore incertains et le coût qu'entraîne la mise en place d'un atelier d'assemblage de matériels aussi complexes incitent les acteurs

graphes quand le moteur électrique marche régulièrement... On pourra même constater que les phrases ou les airs ne présentent pas, dans le télégraphone, le caractère nasillard et désagréable des sons du phonographe ordinaire. Et cela s'explique très bien car les vibrations accessoires correspondant au frottement sur la cire et au son propre du style sont supprimées."

Il ne fait aucun doute que la qualité de l'enregistrement est tout à fait remarquable pour l'époque. C'est alors que le télégraphone est présenté à l'empereur d'Autriche François-Joseph en visite à l'Exposition, que ce dernier enregistre la phrase *"Cette invention m'a beaucoup intéressé et je vous remercie pour cette démonstration."*, suivie par celle de WILHELM EXNER qui ajoute que *"Sa Majesté l'empereur a eu la bonté de faire cette déclaration dans cette machine, à l'occasion de sa visite au pavillon des créations autrichiennes à l'Exposition universelle de Paris."* Ces paroles, accompagnées des bruits du hall, sont encore conservées et audibles dans la collection des Arts et métiers de Vienne, ce qui en fait l'enregistrement magnétique le plus ancien.

■ La polarisation des têtes

Les appareils enregistreurs de POULSEN ne rencontrent qu'un succès d'estime auprès des utilisateurs du téléphone, encore déçus par la faible qualité des transmissions. Poursuivant ses travaux, il découvre le principe de la polarisation de la tête par un courant continu qu'il expose dans les Annales de Physique allemande (Annalen der Physik) en précisant que *"...ce courant créait un vif mouvement des aimants moléculaires qui améliorait d'une manière importante les possibilités d'enregistrement, au moment de la naissance des inscriptions magnétiques ce qui avait pour consé-*



Dispositif expérimental de Poulsen

financiers de cette entreprise à la prudence, tant que l'accueil du public à son égard n'est pas mesuré dans le cadre d'un salon ou d'une exposition.

Un appareil fut donc envoyé à l'Exposition universelle de Paris dans la section danoise de la Galerie des machines. Un chroniqueur de l'époque, Georges GUEROULT fait état de sa démonstration en écrivant que *"...le télégraphone fonctionne très bien comme phono-*

quence de rendre chaque détail de l'enregistrement très nettement perceptible."

Mais POULSEN est abandonné par ses partenaires MIX et GENEST, ce qui le fait se tourner vers d'autres comme SIEMENS et HASKLE, sans plus de succès. Finalement, il choisit de partir vers les États-Unis où il réussira à montrer la valeur commerciale de ses idées.

P. RYTTER