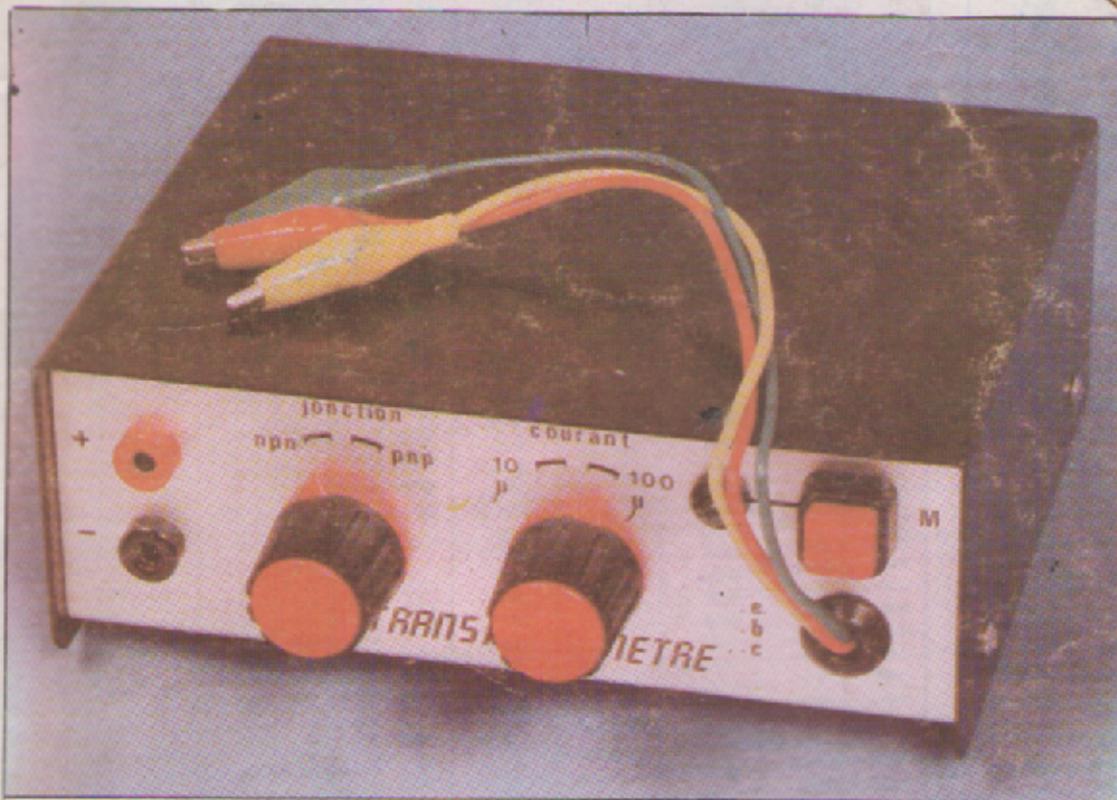
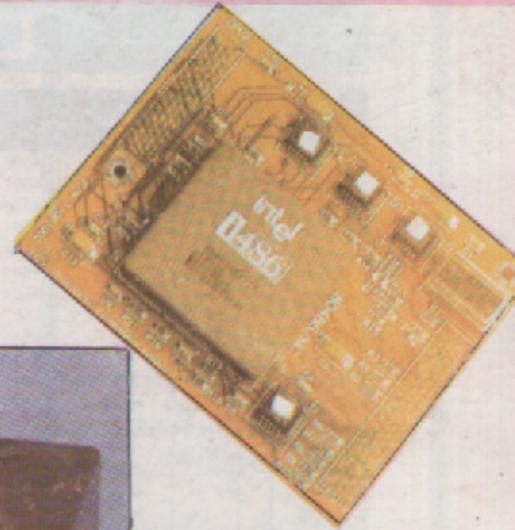


ELECTRONIQUE PRATIQUE AFRIQUE

La première revue des Applications de l'Electronique et de l'Informatique en Afrique

Microprocesseur à la loupe (Suite)



DANS CE NUMERO:

- AMPLI. POUR CASQUE
- ADAPTATEUR TRANSISTOMETRE
- GENERATEUR DE MUSIQUE
A MEMOIRE

CIRCUITS NUMERIQUE-ANALOGIQUE- LINEAIRE-DIGITALE

C MOS

| | | | |
|------|------|------|------|
| 4000 | 4027 | 4054 | 4096 |
| 4001 | 4028 | 4055 | 4097 |
| 4002 | 4029 | 4066 | 4098 |
| 4006 | 4030 | 4066 | 4501 |
| 4007 | 4031 | 4068 | 4502 |
| 7008 | 4032 | 4069 | 4503 |
| 4009 | 4033 | 4070 | 4504 |
| 4010 | 4034 | 4071 | 4505 |
| 4011 | 4035 | 4072 | 4511 |
| 4012 | 4036 | 4073 | 4518 |
| 4013 | 4040 | 4075 | 4519 |
| 4014 | 4041 | 4076 | 4520 |
| 4015 | 4042 | 4077 | 4528 |
| 4016 | 4043 | 4078 | 4530 |
| 4017 | 4044 | 4081 | 4532 |
| 4018 | 4046 | 4082 | 4533 |
| 4019 | 4047 | 4082 | 4536 |
| 4020 | 4048 | 4085 | 4538 |
| 4021 | 4049 | 4086 | 4539 |
| 4022 | 4050 | 4089 | 4556 |
| 4023 | 4051 | 4093 | 4557 |
| 4024 | 4052 | 4094 | 4566 |
| 4025 | 4053 | 4095 | 4584 |

TTL 74 LS

| | | | |
|------|-------|-------|-------|
| 7400 | 7445 | 74144 | 74195 |
| 7402 | 7446 | 74145 | 74196 |
| 7403 | 7447 | 74146 | 74197 |
| 7404 | 7448 | 74150 | 74198 |
| 7405 | 7450 | 74151 | 74260 |
| 7406 | 7451 | 74152 | 74261 |
| 7407 | 7453 | 74154 | 74266 |
| 7408 | 7454 | 74155 | 74273 |
| 7409 | 7460 | 74156 | 74279 |
| 7410 | 7470 | 74157 | 74280 |
| 7411 | 7472 | 74159 | 74283 |
| 7412 | 7473 | 74160 | 74290 |
| 7413 | 7474 | 74161 | 74293 |
| 7414 | 7475 | 74162 | 74295 |
| 7415 | 7490 | 74163 | 74298 |
| 7416 | 7493 | 74164 | 74299 |
| 7417 | 7494 | 74165 | 74320 |
| 7420 | 7495 | 74166 | 74321 |
| 7421 | 7496 | 74168 | 74322 |
| 7422 | 74100 | 74169 | 74323 |
| 7423 | 74107 | 74170 | 74324 |
| 7425 | 74109 | 74174 | 74327 |
| 7426 | 74110 | 74175 | 74365 |
| 7427 | 74111 | 74176 | 74366 |
| 7428 | 74112 | 74177 | 74367 |
| 7430 | 74113 | 74178 | 74368 |
| 7431 | 74114 | 74180 | 74373 |
| 7432 | 74115 | 74181 | 74374 |
| 7433 | 74116 | 74182 | 74390 |
| 7438 | 74121 | 74184 | 74393 |
| 7439 | 74122 | 74188 | 74490 |
| 7440 | 74123 | 74190 | 74829 |
| 7441 | 74125 | 74191 | 74870 |
| 7442 | 74138 | 74192 | |
| 7443 | 74143 | 74193 | |
| 7444 | | 74194 | |

CIRCUITS INTEGRES LINEAIRES ET SPECIAUX

| | | | | | |
|--------|------|--------|------|------|-----------|
| ADC | 556 | 7226 | 580 | 1042 | 71 |
| 804 | 556 | LF | 590 | 1045 | 72 |
| 809 | 565 | 351 | SL | 1048 | 81 |
| DAC | 566 | 353 | 496 | 1047 | 82 |
| 808 | 567 | 356 | 5500 | 1048 | 84 |
| L | 709H | 357 | SO | 1054 | 431 |
| 123 | 709 | 396 | 41P | 1057 | 494 |
| 200 | 711 | LH | 42P | 1059 | 497 |
| 202 | 770 | 0070 | TAA | 1151 | |
| 293 | 723 | M | 550 | 1200 | 1000 3318 |
| 298 | 736 | 145028 | 611 | 1405 | 1000 3310 |
| LM | 741 | MK | 621 | 1410 | 1122 |
| 111 | 748 | 50240 | 761 | 1412 | |
| 115 | 761 | MM | 765 | 1415 | |
| 239 | 1458 | 50398 | 861 | 1510 | |
| 301 | 1496 | 53200 | TBA | 1524 | |
| 304H | 1871 | 57410 | 120 | 1578 | ULN |
| 305 | 1872 | 58174 | 221 | 1908 | 2002 |
| 307 | 1877 | ML | 291 | 1950 | 2003 |
| 308 | 1897 | 926 | 400 | 2002 | 2004 |
| 309H | 2898 | MC | 440 | 2003 | 2803 |
| 309K | 2907 | 1309 | 520 | 2004 | 2804 |
| 310 | 2917 | 1310 | 540 | 2005 | OPTO |
| 311 | 3900 | 1408 | 560 | 2006 | |
| 317T | 3909 | 1455 | 570 | 2010 | |
| 317K | 3911 | 1468 | 661 | 2020 | 4N25 |
| 318 | | 1488 | 750 | 2030 | 4N26 |
| 319 | | 1489 | 790 | 2542 | BPW34 |
| 323K | | 1496 | 800 | 2583 | BP104 |
| 324 | CA | 1799 | 810 | 2595 | LD271 |
| 331 | 3045 | 1733 | 820 | 2610 | XR |
| 334 | 3046 | 3403 | 830 | 2620 | 2203 |
| 335 | 3052 | 3470 | 860 | 2630 | 2206 |
| 336 | 3059 | 3484 | 920 | 2631 | 2207 |
| 337K | 3060 | 14411 | 970 | 2640 | 2208 |
| 337T | 3080 | 14433 | TCA | 2670 | 2240 |
| 338K | 3084 | 14490 | 105 | 3000 | 2266 |
| 339 | 3086 | MCT | 160 | 3030 | 2276 |
| 348 | 3089 | ? | 250 | 3300 | 2567 |
| 349 | 3130 | 6 | 280 | 3310 | SG |
| 350K | 3140 | 8 | 315 | 3500 | 3525 |
| 358 | 3161 | * MOC | 420 | 3560 | 3527 |
| 360 | 3162 | 3010 | 440 | 3571 | AI |
| 377 | 3189 | 3020 | 530 | 4290 | 609 |
| 378 | ICL | NE | 540 | 4510 | 530 56 |
| 379 | 7106 | 527 | 550 | 4565 | 116 |
| 380N8 | 7107 | 529 | 600 | 4840 | 117 |
| 380N14 | 7109 | 555 | 610 | 7000 | 121 |
| 381 | 7126 | 556 | 640 | 8440 | 124 |
| 382 | 7135 | 564 | 650 | | 125 |
| 383T | 7137 | 565 | 660 | TIL | |
| 384 | 8038 | 566 | 740 | 31 | |
| 386 | 8040 | 567 | 750 | 32 | |
| 387 | ICM | 570 | 760 | 78 | |
| 388 | 7038 | SAB | 780 | 81 | |
| 389 | 7045 | 0600 | 830 | 111 | |
| 390 | 7207 | SAS | 900 | 113 | |
| 391 | 7209 | 560 | 910 | 117 | 126 |
| 393 | 7217 | 560 | 940 | 311 | 127 |
| 395 | | 570 | 965 | TL | 139 |

TRANSISTORS

| | | |
|-----|-----|------|
| ASZ | 180 | 196 |
| 15 | 183 | 197 |
| 16 | 233 | 198 |
| 18 | 235 | 200 |
| BC | 236 | |
| 107 | 237 | BFR |
| 106 | 238 | 91 |
| 84 | 239 | 240 |
| 109 | 240 | 91 |
| 431 | 241 | BS |
| 494 | 242 | 170 |
| 497 | 244 | BSX |
| 143 | 267 | 20 |
| 147 | 269 | 21 |
| 148 | 284 | BU |
| 157 | 287 | 206 |
| 160 | 435 | 207 |
| 161 | 436 | 506 |
| 170 | 437 | 406 |
| 177 | 438 | 426 |
| 178 | 438 | BUZ |
| 179 | 440 | 37 |
| 182 | 441 | 80 |
| 184 | 442 | 81 |
| 204 | 507 | 98 |
| 207 | 508 | BUZ |
| 208 | 537 | 45 |
| 209 | 538 | IRF |
| 211 | 561 | 450 |
| 212 | 562 | 540 |
| 237 | 645 | TIP |
| 238 | 650 | 30 |
| 239 | 678 | 31 |
| 251 | 679 | 32 |
| 307 | 711 | 33 |
| 308 | 802 | 34 |
| 309 | 895 | 35 |
| 317 | BDW | 36 |
| 318 | 90 | 41 |
| 327 | 94 | 42 |
| 328 | BDX | 112 |
| 337 | 16 | 117 |
| 338 | 53 | 120 |
| 516 | 54 | 122 |
| 517 | 62 | 132 |
| 546 | 63 | 2955 |
| 547 | 64 | 3055 |
| 548 | 65 | VM |
| 549 | 66 | 46 |
| 550 | 67 | 68 |
| 556 | 77 | 2N |
| 557 | 78 | 706 |
| 558 | 87 | 730 |
| 559 | 88 | 918 |
| 560 | BDY | 930 |
| 569 | 56 | 1613 |
| 640 | 58 | 1711 |
| 117 | 60 | BF |
| 116 | 60 | 1889 |
| 121 | 115 | 1890 |
| 124 | 167 | 1893 |
| 125 | 130 | 2222 |
| | 135 | 2369 |
| | 136 | 177 |
| | 137 | 2646 |
| | 138 | 2904 |
| | 139 | 2905 |
| | 139 | 3053 |
| | 181 | 3054 |
| | 182 | 3055 |
| | 183 | 3553 |
| | 184 | 3771 |
| | 185 | 3819 |
| | 194 | 3904 |
| | 195 | 3906 |
| | | 4416 |

ELECTRONIQUE-PRATIQUE

N° 14
OCTOBRE 1992

A
F
R
I
Q
U
E

SOMMAIRE

TECHNIQUE

- Logique 08 P.04
- Utilisation des accumulateurs
au cadmium-nickel P.31

MONTAGE

- Un ampli. pour casque P.10
- Adaptateur transistormètre P.17
- Générateur de musique à
mémoire P.23

MICRO-INFORMATIQUE

- Microprocesseur à la loupe
(suite) P.27

DIVERS

- Fiches à découper P.35
- Circuits Japonais P.37
- Abonnement 93 P.39
- Petites annonces P.40
- Abonnement 92 P.42

Editeur
Electronique Afrique
2 rue Med OUAGNOUNE
Bouzareah
ALGER

Fondateur
Directeur de la publication
M. BENMEBKHOUT

COMMERCIAL
ZIANE Hassen

Régie de la publicité
France,Italie,Espagne
SAP
70,rue Compans
75940 - PARIS-CEDEX 19
Tél: (331) 42.00.33.05

Photocomposition
Photogravure

Imprimerie du P.S.A.
26. Rue Ahmed OUAKED
Dely-Ibrahim - ALGER -
☎ 37.15.78

Ont participé à ce
numéro :
AIT-HAMOUDI
BOULALOUA
ISAAD
TERAHI

Distribution
Centre - Ouest - Est
ENAMEP

Déclaration Enregistré au-
près du Procureur de la
République
N° 03 - 91

ISSN 1111 - 0856
ELETRONIQUE
AFRIQUE

© copyright la reproduction et l'utilisation même partielle de tout article (communications techniques ou documentation) extrait de la revue «Electronique pratique Afrique» sont rigoureusement interdites ainsi que tout procédé de reproduction mécanique, graphique, chimique, optique, etc... toute demande à autorisation pour reproduction, quel que soit le procédé doit être adressé à "Electronique Afrique".

LOGIC-08



Dans ce huitième volet, nous définirons la fonction décodage, autre fonction combinatoire complexe, et nous la mettrons en œuvre avec trois types de circuits intégrés (4028, 4555, 4556), en câblage individuel ou en association. Nous terminerons en présentant quelques circuits de type QMOS, après une présentation succincte de cette technologie. Nous terminerons avec la solution des exercices du précédent volet.

CODES USUELS

Avant de parler de la fonction décodage qui met en œuvre des codes logiques, il est nécessaire de les définir. Les codes les plus courants sont les codes : BINAIRE (BIN), Binaire Codé Décimal (BCD), Octal (O), Hexadécimal (H), ASCII, 7 segments.

Le code ASCII sera développé ultérieurement, mais sachez qu'il associe une correspondance entre 8 bits et des caractères alpha-numériques ou spéciaux.

Le code 7 segments sera défini dans le dixième volet, en application avec le décodeur intégré 4511.

Le code BINAIRE est une écriture directe de l'état des bits dans un ordre défini, déjà utilisé dans le module LO-2. On écrit le plus à droite le bit de poids le plus faible (LSB = 'Least Significant Bit') et on inscrit les autres bits en continuant vers la gauche. Le bit le plus à gauche est nommé le bit de poids le plus fort (MSB = 'Most Significant Bit'). On parle de poids, car on affecte au bit une valeur de correspondance décimale : ainsi le LSB vaut 2^0 et le MSB = $2^{(n-1)}$ pour un nombre de n bits. Un nombre binaire s'exprime en base 2, alors que nous calculons usuellement en base 10. Certaines calculatrices effectuent la conversion (Binaire \leftrightarrow Décimal), mais il est aisé de la résoudre en effectuant la somme du poids de chaque bit à 1. Ainsi pour $\phi 1 \phi 1$, un nombre binaire sur 4 bits, le MSB vaut ϕ , le LSB = 1 (MSB, xxxx, LSB) et la correspondance décimale est $2^2 + 2^0$,

soit $4 + 1 = 5$. Voici les valeurs binaires successives des nombres de 0 à 15, car on se ramène souvent à des formats multiples de 4 bits : $\phi \phi \phi \phi$ $\phi \phi \phi 1$ $\phi \phi 1 \phi$ $\phi \phi 1 1$ $\phi 1 \phi \phi$ $\phi 1 \phi 1$ $\phi 1 1 \phi$ $\phi 1 1 1$ $1 \phi \phi \phi$ $1 \phi \phi 1$ $1 \phi 1 \phi$ $1 \phi 1 1$ $1 1 \phi \phi$ $1 1 \phi 1$ $1 1 1 1$. C'est d'ailleurs la séquence utilisée par le module LO-2, qui est un compteur binaire sur 4 bits, et on respecte cet ordre pour définir une table d'analyse d'un problème ou d'un circuit.

Pour la conversion inverse, de décimal à binaire, il faut effectuer des divisions successives de 2^n en commençant par le bit de poids fort, après évaluation du nombre de bits, en écrivant de gauche à droite ; exemple, le nombre 12 à convertir : comme c'est inférieur à $2^4 = 16$, il faudra 4 bits ; si le nombre est supérieur ou égal à 2^3 (MSB), on soustrait cette valeur et le LSB vaut 1 ; sinon le MSB vaut ϕ ; on passe au bit de rang inférieur, en utilisant le reste ; on procède de même jusqu'au LSB, et le reste vaut donc ϕ ; $12 - 2^3 = 12 - 8 = 4$, le MSB = 1, $4 - 2^2 = 4 - 4 = \phi$, le bit suivant vaut 1, et les autres bits ϕ , ce qui donne $1 1 \phi \phi$, code binaire de 12 ; si le nombre binaire doit être exprimé sur un nombre de bits plus élevé, les autres bits à gauche du MSB sont à ϕ , ainsi 12 exprimé sur 8 bits en binaire devient $\phi \phi \phi \phi 1 1 \phi \phi$. Avec l'habitude, vous procéderez à cette étape très vite car on utilise rarement les nombres supérieurs à 15 (cf. hexa). Autre exemple, le nombre décimal 60 qui s'ex-

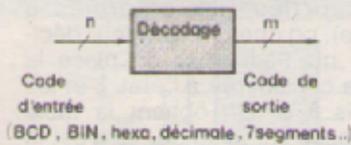
prime en binaire $1 1 1 1 \phi \phi$ avec le minimum de bits et $\phi \phi 1 1 1 1 \phi \phi$ avec 8 bits.

Le code BCD est une limitation particulière du code binaire quand celui-ci est limité à 4 bits, ce qui est le cas pour les compteurs intégrés et en informatique. On s'intéresse uniquement à la correspondance entre les nombres de 0 à 9, soit $\phi \phi \phi \phi$ à $1 \phi \phi 1$ en binaire. En revanche, les autres codes binaires restants n'existent pas ($1 \phi 1 \phi$ à $1 1 1 1$). Si le nombre est supérieur à 9, on décompose le nombre par ses termes décimaux, qui forment des blocs de 4 bits qu'on aligne. Ainsi, pour exprimer le nombre décimal 60 en BCD, il faut le décomposer, soit 6 puis ϕ , termes que l'on convertit en BCD, soit l'expression $\phi 1 1 \phi \phi \phi \phi$.

Le codage octal n'est plus très usité, mais il arrive que des circuits utilisent encore ce type de code. C'est en fait une limitation du code BCD (ou binaire) sur 3 bits ; en revanche, l'écriture octale s'effectue en base 8. Seuls sont donc exprimés les nombres décimaux de 0 à 7, $\phi \phi \phi$ à $1 1 1$ en binaire. Exemple, 26 en décimal s'exprime 32 en octal, valeur obtenue aisément par divisions successives de puissance de 8. Une autre méthode, plus courante, est de convertir le nombre en binaire et de le décomposer en triplets (bloc de 3 bits) ; ainsi 26 décimal vaut $1 1 \phi 1 \phi$ en binaire, ce qui donne $\phi 1 1 \phi 1 \phi$, soit 32 en octal.

Le code hexadécimal est un découpage du nombre BINAIRE en

1 Fonction décodage.



termes de 4 bits auquel on donne une correspondance : de $\phi\phi\phi\phi$ à $1\phi\phi1$, on utilise les valeurs ϕ à 9 comme en BCD, mais de $1\phi1\phi$ à 1111 , on utilise les lettres A à F ; ces dix derniers états sont donc définis, contrairement au codage BCD. Ainsi, exprimer $\phi\phi\phi\phi$ à 1111 en binaire (0 à 15 en décimal) revient à écrire 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F en hexadécimal. Si le nombre est supérieur à 16, on utilise un autre terme de 4 bits, car on travaille en base 16 (décomposition en puissance de 16). Ainsi le nombre décimal 60 s'exprime par $3 \times 16 + 12$, soit 3C en hexadécimal. A remarquer que si on convertit 3C en binaire, on obtient $\phi\phi1111\phi\phi$, qui associé forme la valeur binaire, soit $\phi\phi1111\phi\phi$ identique à $1111\phi\phi$: la conversion BIN \leftrightarrow Hexa est donc simple. C'est ce codage qui est utilisé dans la logique à microprocesseurs (langage machine sur un micro-ordinateur).

Pour vous familiariser avec ces codes, quelques conversions sont proposées à titre d'exemple ; pour plus de détails, il faudra vous reporter à un ouvrage de logique définissant précisément ces codes et les méthodes de conversion, ce qui sortirait du cadre de cette série ; d'ailleurs, certaines calculatrices intègrent ces codages et leurs conversions, tout comme de nombreux programmes basic pour micro-ordinateurs, souvent proposés dans le manuel d'utilisation.

Un terme de 4 bits (abréviation de bit : 'b') s'appelle un « quartet », un terme de 8 bits est un « octet » ('Byte'), d'abréviation 'o', un terme de 16 bits se nomme un « mot » ('Word') et un terme de 32 bits est un « mot

long » ('Long Word'). Ces termes sont courants dans le langage informatique (on complète par la définition de « kilo » qui désigne $2^{10} = 1\ 024$, « méga » qui désigne 2^{20} et « giga » = 2^{30}). Ainsi une mémoire de 2 Ko a une capacité de 2^{10} octets, soit 1 024 octets ou $8 \times 1\ 024$, soit 8 192 bits ou 8 Kb. Notez le 'K' majuscule, contrairement aux 'kΩ' !).

FONCTION DECODAGE (fig. 10)

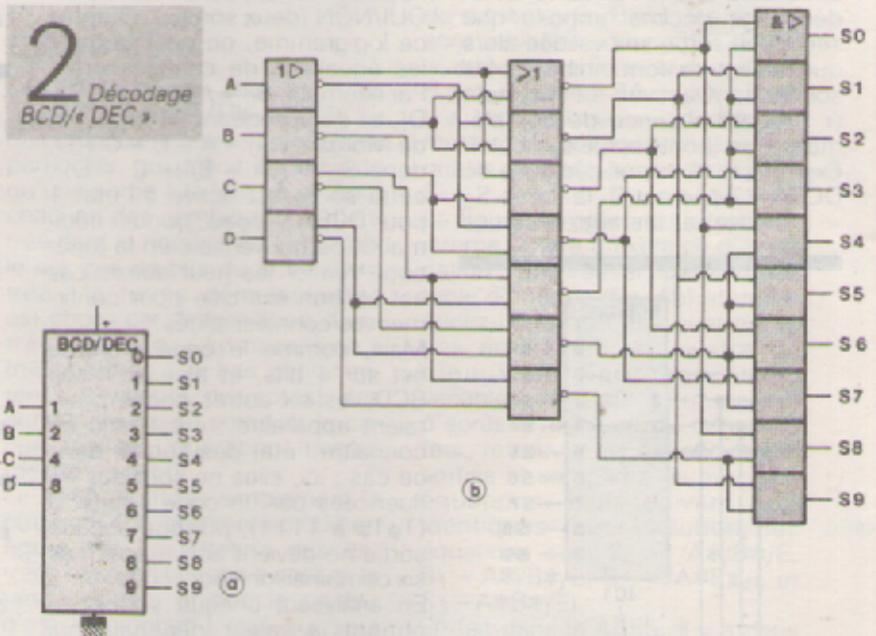
La fonction décodage (ou transcodage) permet de convertir un code X en un code Y. Le code X est soit BINaire (le code hexadécimal est identique), soit BCD. Il est exprimé sur n bits. Le code Y est DECimal (1 sortie valide parmi 10, en abréviation 1/10), Hexadécimal (1/16), Octal (1/8) ou particulier (7 segments, ASCII, ...) Il est exprimé sur m bits. A noter que la fonction décodage fournit un résultat binaire, mais

qui tient compte du codage de sortie. Aussi un décodeur binaire/octal ne convertira pas 26 décimal en 32 !

Le décodage le plus courant est le BCD/7 segments. Dans ce cas, $n = 4$ (BCD) et $m = 7$, mais ce circuit est complété par d'autres entrées de contrôle, ce qui nous amène à le reporter à un volet ultérieur.

Nota : une EPROM réalise une fonction décodage programmable électriquement et effaçable aux ultraviolets. La 2716, qui est utilisée actuellement dans des réalisations proposées par la revue, utilise 10 bits pour n et 8 bits pour m. D'ailleurs, le module LO-5 sera une application de décodage pour visualiser sur deux afficheurs un code Binaire, BCD ou Hexa et en assurer la conversion. Le codage est l'opération inverse du décodage et peut être effectué par une EPROM. Il existe des circuits codeurs, mais il est peu fréquent de les utiliser, aussi nous en faisons abstraction.

2 Décodage BCD/« DEC »



Exemples de conversion

| Décimal | BINAIRE | BCD | Hexa | Octal |
|---------|------------------------------------|---------------------------------------|---------|-------|
| 0 | $\phi\phi\phi\phi\phi\phi\phi\phi$ | $\phi\phi\phi\phi$ | 0 ou 00 | 000 |
| 16 | $\phi\phi\phi1\phi\phi\phi\phi$ | $\phi\phi\phi1\phi11\phi$ | 10 | 020 |
| 26 | $\phi\phi\phi11\phi1\phi$ | $\phi\phi1\phi\phi11\phi$ | 1A | 032 |
| 125 | $\phi11111\phi1$ | $\phi\phi\phi1\phi\phi1\phi\phi1\phi$ | 7D | 175 |

DECODAGE BCD/DEC

L'exemple choisi est le 4028. Son symbole (fig. 2a) est un boîtier rectangulaire muni de l'indication de sa fonction dans la partie supérieure, soit « BCD/DEC » qui indique un décodage ou transcodage ; le code d'entrée

| Entrées | | | | Sorties | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| D | C | B | A | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ | S ₆ | S ₇ | S ₈ | S ₉ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ----- | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| à | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

est le code BCD, exprimé sur 4 bits, dont le symbole indique le poids décimal (1, 2, 4 ou 8) ; c'est donc A le LSB et D le MSB, et c'est une appellation usuelle pour la désignation des broches des circuits. Le code DECimal est défini sur dix sorties correspondant aux dix valeurs décimales du code BCD d'entrée. La fonction décodage décimal impose que seule une sortie soit validée alors que les autres sont inhibées ; les sorties sont actives à l'état haut (« 1 ») par absence de complément (boule sur le symbole). Exemples : la valeur décimale de DCBA = $\phi\phi\phi\phi$ est 0, la sortie S₀ = 1 (active) et les autres sorties

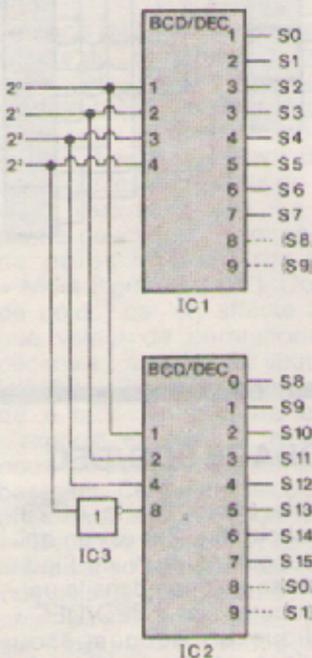
sont à ϕ . La sortie S₉ est active uniquement pour le code 1 ϕ 1 ϕ , code binaire de la valeur décimale 9. La figure 2b présente le schéma interne du circuit (CD4028 de RCA), en utilisant les symboles normalisés des fonctions. La porte sur les entrées A, B, C, D réalise la double fonction OUI/NON (deux sorties). D'après ce logigramme, on peut déduire les équations de chaque sortie. Par exemple, S₀ = $\overline{A + B + C + D}$, et en appliquant le théorème de Morgan, $\overline{S_0} = A + B + C + D$, donc S₀ = $\overline{A + B + C + D}$; cette sortie est active à l'état 1 pour DCBA = $\phi\phi\phi\phi$, donc n décimal 0, ce qui vérifie bien la fonction. Vérifier les neuf autres cas est un bon exercice pour confirmer vos connaissances.

Mais, comme le code d'entrée est sur 4 bits, et bien qu'il soit BCD, les six autres codes pourraient apparaître ; il est utile de connaître l'état des sorties dans ce cas ; ici, elles ne sont pas influencées par un code non-BCD (1 ϕ 1 ϕ à 1111), puisque aucune sortie ne devient active pour ces six combinaisons hors code. En analysant chaque sortie, on obtient la valeur décimale qui l'active. Pour obtenir la table d'analyse de la figure 3, il suffit de définir les variables d'entrées (colonnes gauches) par les seize combinaisons des bits DCBA, dans l'ordre de comptage BCD ; ainsi la première ligne est 0 et la dixième 9. On a continué jusqu'à 15, mais on n'a pas différencié les six cas, car le résultat de sortie est inchangé, d'où la notation adoptée. Pour trouver les états

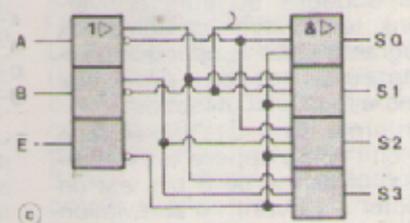
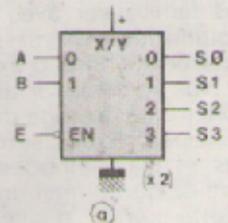
des sorties (dix colonnes à droite), on cherche la valeur décimale qui l'active et on place la sortie considérée à l'état 1 et les autres à ϕ . On obtient la table proposée sur la figure, et c'est la table de vérité que propose le constructeur sur la fiche technique descriptive du 4028. Avec l'habitude de la nouvelle normalisation utilisée dans cette série, vous pouvez vous dispenser de la regarder puisque le symbole est explicite.

ASSOCIATION

La lecture de la documentation technique permet la mise en œuvre de ces circuits individuellement. Mais pour la conception structurale du schéma d'une application, il est fréquent de devoir associer des circuits de même type pour en étendre les possibilités, ce qui n'est pas toujours aisé. Heureusement le constructeur esquisse quelques idées, point de départ de la réflexion des utilisateurs et concepteurs. On désire utiliser un décodeur Binaire/Hexadécimal, permettant donc de valider une sortie



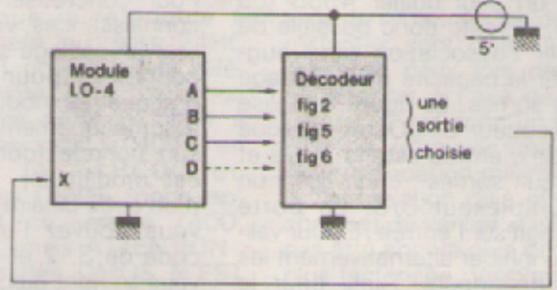
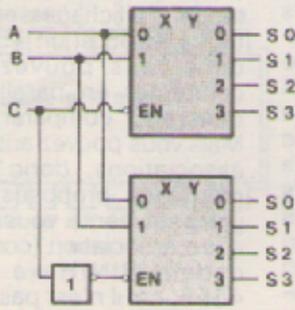
4 Association BIN/DEC



| E | B | A | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
|-------|---|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ----- | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Entrées Sorties

5 Décodeur-démultiplexeur



parmi seize, selon le code binaire appliqué en entrée ; si ce circuit n'existe pas (en fait, il existe, mais avec d'autres possibilités qui nécessitent d'attendre les prochains volets), il convient de le réaliser avec d'autres circuits. Une solution est d'utiliser le 4028 précédemment décrit.

Le 4028 décode les dix premières combinaisons des 4 bits, car le code d'entrée est BCD. En se limitant aux huit sorties S_0-S_7 , on réalise un décodeur BCD/Octal, avec la condition $D = \phi$, pour limiter le code d'entrée à 3 bits, particularité dont on tire parti pour l'association. Pour réaliser un décodeur BCD/Hexa, on utilise deux décodeurs différenciés par un quatrième bit, le MSB 2^3 . Ainsi les huit sorties de IC₁ sont actives pour le MSB = ϕ , et on ignore les deux sorties restantes quand MSB = 1. Comme le MSB est complémenté pour commander l'entrée D de IC₂, ses sorties sont actives quand le MSB = 1, et on ignore les deux sorties restantes quand le MSB = ϕ . La figure 4 présente le schéma de cette association, qui nécessite donc deux 4028 et une porte NON.

Remarque 1 : la porte NON IC₃, qui complémente le MSB, assure également un décodage (élémentaire) de sélection entre IC₁ et IC₂.

Remarque 2 : les sorties libres, notées entre parenthèses sur la figure, sont toutefois actives pour certaines combinaisons, dont la valeur décimale est définie pour l'appellation. Justifions cette remarque par un exemple : pour le code $\phi\phi\phi 1$, la sortie S_1 de IC₁ est active ; mais IC₂ se voit appliquer le code $1\phi\phi 1$, qui valide donc sa sortie S_9 ; par le codage choisi, cette neuvième sortie de IC₂ correspond au code d'entrée $\phi\phi\phi 1$, de valeur décimale 1, d'où l'ap-

pellation (S_1) ; il y a donc quatre doubles sorties S_0, S_1, S_8 et S_9 . En définissant votre problème et en connaissant les caractéristiques des circuits, vous pouvez effectuer vous-même la conception de l'association en définissant le problème de logique combinatoire et en résolvant les équations. Ici, le constructeur proposait la solution, mais il est parfois nécessaire de réfléchir au problème, en usant fréquemment d'astuces qui caractérisent le style des concepteurs.

DEC/DMUX

DEC/DMUX est l'abréviation de DEcodeur ou DÉMULTIpleXeur. Le démultiplexeur est un décodeur particulier, qui définit et ne valide qu'une sortie à la fois, et ce pour chacune des combinaisons d'entrée dont le nombre est défini par le nombre de bits du code d'entrée ; le terme démultiplexage est choisi car l'information d'entrée est une « compression » (multiplexage : n bits représentent 2^n valeurs distinctes) des combinaisons de sortie et le circuit réalise l'opération inverse (décomposition).

Le symbole utilise simplement la notation X/Y, comme indiqué en figure 4a. La notation des entrées est modifiée, on a noté ici le rang des bits et non le poids ; c'est le crochet] (ou [qui sera complété d'annotations pour d'autres circuits) qui permet de faire la distinction avec la notation précédente. Pour les sorties, on retrouve les valeurs décimales (quatre sorties car 2 bits d'entrée $\rightarrow 2^2$ combinaisons). Il y a une entrée supplémentaire /E, qui se nomme EN dans le symbole. Quand on note EN dans le symbole, on indique que les sorties sont à leur état inactif (ici ϕ) si cette entrée n'est pas à son état actif, quelles que soient les au-

tres entrées de la fonction ; normalement l'état actif de EN est 1, mais, par la boule de complément externe, un ϕ est nécessaire, d'où l'appellation constructeur /E.

Le circuit choisi est un 4555, qui effectue le décodage du code 2 bits BA, donc valide une sortie parmi quatre ; c'est aussi un démultiplexeur car toutes les combinaisons sont décodées et seule une sortie est active à la fois. La figure 4b précise la table de vérité du circuit, qu'on peut déduire du symbole $S_i / E = 1$, les sorties sont inhibées, donc $S_3 S_2 S_1 S_0 = \phi\phi\phi\phi$, quel que soit le code d'entrée, donc BA = XX. $S_i / E = \phi$, les combinaisons de BA permettent de sélectionner une des quatre sorties ($\phi\phi$ valide S_0 , $\phi 1$ S_1 ...).

La figure 4c présente le schéma interne, à titre d'exercice d'application ; en premier, partez de la table d'analyse (fig. 4b) et déterminez l'équation des quatre sorties en traçant les quatre tableaux de Karnaugh (trois variables, bien sûr). En second, d'après le schéma du constructeur, retrouvez les équations des sorties et comparez-les avec vos équations. Elles doivent être identiques (pour solution, les équations sont $S_0 = /A*/B*/E$, $S_1 = A*/B*/E$, $S_2 = /A*B*/E$ et $S_3 = A*B*/E$).

En fait dans le 4555, il y a deux décodeurs identiques et indépendants (cf. brochage fig. 9) pour exploiter toutes les broches du boîtier. Le 4556 est identique au 4555 hormis les sorties qui sont toutes complémentées ; le symbole voit toutes les sorties affectées d'une boule de complément et l'état des sorties est complémenté sur la table de vérité ; pour BA = $\phi\phi$ et /E = ϕ , la sortie S_0 du 4556 vaut ϕ (état actif), alors que $S_1 = S_2 = S_3 = 1$ (état inactif).

ASSOCIATION

Avec un seul boîtier 4555 (ou 4556), il reste donc possible de réaliser l'association pour augmenter la capacité de décodage à huit sorties. La **figure 6** réalise un décodeur BIN/Octal, puisque le code d'entrée est sur 3 bits et on a huit sorties ; c'est aussi un démultiplexeur 3/8. La porte NON agit sur l'entrée /E pour valider ou inhiber alternativement les deux décodeurs. Ainsi pour le code d'entrée CBA = ϕXX , on inhibe le décodeur inférieur et on valide le décodeur supérieur, donc une des sorties S_0 à S_3 selon BA ; alors que pour CBA = $1XX$, c'est l'inverse avec BA sélectionnant S_4 à S_7 .

Si l'on veut étendre le décodage-démultiplexage à seize sorties, comme pour l'association du 4028, il faut poser le problème et effectuer l'analyse de conception (logique combinatoire). D'abord, il faut seize sorties, ce qui détermine le nombre de décodeurs type 4555, soit quatre. Les entrées A et B sont toutes reliées en parallèle, et les entrées /E permettent la distinction entre décodeurs ; comme il y a quatre signaux /E, il faut en choisir un parmi quatre, donc effectuer un démultiplexage d'un code sur 2 bits (DC) ; et pourquoi ne pas utiliser un cinquième décodeur pour effectuer ce démultiplexage, en validant en permanence son entrée /E ; le décodeur sera un 4556 car les entrées /E sont actives à l'état ϕ . Cette association nécessite deux 4555 (décodage sorties) et un 4556 à demi utilisé (sélection). Si vous voulez des sorties complémentaires, il faudra trois 4556 !

MANIPULATIONS

Pour concrétiser ces nouvelles connaissances, vous pouvez réaliser un câblage sur plaque de connexion pour la vérification pratique. Le module LO-2 génère automatiquement, au rythme de son horloge (dont la fréquence est modifiable), tous les états d'un code binaire sur 4 bits, mais vous pouvez l'utiliser pour un code de 3, 2 et même 1 bit en vous limitant aux bits de plus faible poids (CBA, BA ou A). En le connectant au montage des **Figures 2, 5 et 6** et en ralentissant sa fréquence pour observer les changements de code, vous verrez automatiquement les sorties se valider successivement, si vous leur connectez des DEL de visualisation (module LO-1). Mais vous pouvez aussi définir le code d'entrée avec les interrupteurs (LO-1), méthode manuelle, et visualiser les signaux des sorties avec le module LO-3 (multiplexeur d'oscilloscope), mais n'oubliez pas d'alimenter les circuits externes aux modules, et les modules eux-mêmes !

En utilisant le module LO-4 comme indiqué sur la **figure 7**, vous relevez le tableau de Karnaugh. Ce tableau permet de retrouver aisément l'équation des sorties et de vérifier la recherche théorique d'après le schéma constructeur ou la table d'analyse. La méthode est de connecter le nombre de variables choisi au décodeur, de sélectionner les interrupteurs de visualisation du module LO-4 et de connecter successivement toutes les sorties à l'entrée X du module. Par exemple, pour le 4555, le module LO-4 générera /E, B, A en les connectant aux variables C,

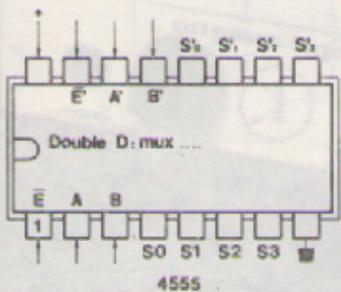
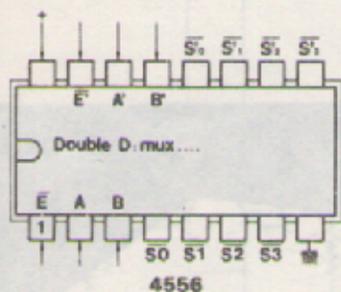
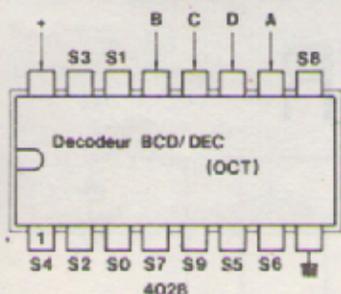
B, A et en limitant la visualisation à ces mêmes variables. La différence d'affichage sera nette entre un 4555 et un 4556, circuits dont vous pouvez d'ailleurs connecter en parallèle les entrées pour comparer les sorties. Mais vous pouvez aussi tester les associations, donc vérifier les montages proposés, ainsi que votre solution si vous réalisez une autre association (comme un décodeur BIN/Hexa avec trois 4556, car il n'est pas possible de vous présenter toutes les solutions).

La **figure 9** présente le brochage des circuits 4028, 4555 et 4556, tous de technologie CMOS ; ce seront donc des CD4028 ou HEF4028 ou TC4028... selon le fabricant. Rappel : les 4555 et 4556 intègrent deux décodeurs identiques indépendants dans un même boîtier, différenciés par le signe \pm . Le circuit 4555 est utilisé dans le module LO-4, vous pouvez maintenant revoir l'analyse de fonctionnement de ce module et comprendre son rôle. Le circuit HC138 (cf. paragraphe OMOS pour les caractéristiques) est un décodeur-démultiplexeur BIN/Octal, qui a la particularité de posséder plusieurs entrées de validation des sorties, actives à des états différents (pour le valider, il faut une combinaison $1\phi\phi$ sur ces entrées, car il y a une relation ET entre ces entrées ; cf. symbole du circuit, volet Logic 6, **figure 7**).

LES QMOS

La technologie QMOS est une technologie logique au même titre que le TTL, le CMOS... Elle date de plusieurs années déjà mais sa disponibilité pour l'amateur est récente. Par rapport aux CMOS, ils sont identiques hormis une tension d'alimentation limitée à la plage + 3 V à + 7 V, la reprise des fonctions des circuits série 74xxx (TTL) ; avec l'avantage d'une fréquence de fonctionnement plus élevée. En fait, un QMOS est la version MOS de circuit TTL-LS, d'où les appellations choisies, comme les quelques 74Cxx étaient les versions CMOS de quelques fonctions TTL. Sachez que les MOS (CMOS, QMOS et FACT) vont supprimer tous les TTL en rendant obsolète cette technologie (les MOS sont même « rentrés »

| Nb entrees | Fonction | | | | | | | |
|------------|----------|-----------------|------|----|-----------|--|------------------|------|
| | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | 04 14 4049 | 4050 |
| 2 | 06 | 00 03 132 | 32 | 02 | 86 386 | | | |
| 3 | 11 | 10 | 4075 | 27 | | | | |
| 4 | 21 | 20 | 4072 | | | | | |
| 8 | | 30 | | | | | | |



dans les circuits linéaires pour créer les LinCMOS I), même si les 74Cxxx n'ont pas connu un grand développement. Parmi les CMOS, il y a trois appellations possibles : 74HCxxx, 74HCTxxx, 74HCUxxx, les premiers ont des seuils de commutation compatibles CMOS, les seconds ont des seuils compatibles TTL et les troisièmes sont les versions non remises en forme ('Un-Buffered' avec fréquence d'utilisation plus élevée). Il existe toutefois certains circuits de la série 4xxx CMOS qui sont repris en CMOS, car ceux-ci n'existent pas en TTL, comme par exemple les circuits mixtes logiques/analogiques (4017, 4066...).

Le tableau de la figure 8 présente les fonctions combinatoires de base, en version CMOS, en distinguant le nombre d'entrées. Ces circuits sont disponibles en HC et HCT, bien que les HCT soient moins nombreux chez vo-

tre revendeur. Il n'y a qu'un circuit type HCU, c'est le 04. Le tableau indique la référence à ajouter derrière le préfixe 74HC (ou 74HCT) pour avoir la référence complète. Ainsi, un circuit intégrant des ports ET-NON à deux entrées sera le 4011 en CMOS et le 74HC00 ou 74HCT00 en CMOS (pour rappel, en TTL ce sera le 7400, 74LS00...); mais ATTENTION : le brochage des CMOS N'EST PAS COMPATIBLE avec celui des CMOS, mais avec les circuits TTL ; les brochages des 4011 et 74HC00 sont donc différents. Le 74HC00 a le même brochage que le 74C00.

Note : le HC03 est un circuit avec sorties 'Drain'-ouvert (identique au collecteur ouvert ; le drain « est le collecteur » des transistors MOS), identifiables par le losange (◊) ; l'état défini est 0). Les HC14 et HC132 ont des entrées à détection de seuil ('trigger' II).

SOLUTIONS

Les tableaux de Karnaugh de S₁ et S₂ ne sont pas représentés, car il suffit d'utiliser le module LO-4 pour les visualiser, en le limitant à quatre variables. La simplification des équations fournit ces deux résultats : S₁ = B + D et S₂ = B + C. Pour S₁, il fallait factoriser D et /D, donc S₁ = /D*(B*A*C + B) + D*(/B + /B*A + /B /A*C) = /D*(B*(A*C + 1)) + D*(/B*(A + 1 /A*C)) = /D*B + D*/B, qui est un OU-EXCLUSIF entre D et B. Pour S₂, la méthode algébrique se résout facilement en factorisant A, /A et B*C, soit S₂ = A*(/B*/C*(/D + D)) + /A*(/B*/C + B*C*(A + 1) - A*(/B*/C + /A*(/B*/C) + B*C = /B*/C + B*C, soit un autre OU-EXCLUSIF, entre B et C.

L'équation de S₃ se relève sur le tableau par cinq boucles, que vous pouvez directement factoriser, avec de l'habitude. On obtient ainsi S₃ = B*/C*/D + A*/C*(D + E) + /A*/B*(C + D). Retrouvez ces cinq boucles sur le tableau, en sachant que la première regroupe les deux cases à droite en haut et bas, les deux suivantes les six cases centrales et les deux dernières, la colonne à gauche de six cases. C'est un bon exemple pour vérifier l'infaisabilité de certains regroupements. Ainsi, on ne peut regrouper les quatre premières cases

de la colonne de gauche mais les quatre centrales, à cause des axes de symétrie ; les deux cases restantes sont obtenues en regroupant deux fois deux cases par rapport à l'axe de symétrie central. C'est donc un bon exercice de retrouver ces boucles. Ayant l'équation minimale, après la factorisation déjà effectuée, il convient de vérifier si elle ne peut pas être encore plus simplifiée ou plus factorisée. Visiblement non, le résultat reste inchangé. Si la factorisation n'était pas encore évidente pour écrire directement S₃, vous auriez factorisé à cette étape. Il suffit de réaliser le logigramme (schéma structurel logique) en utilisant deux portes OU à deux entrées, trois portes ET à trois entrées, une porte OU à trois entrées et quatre portes NON et en effectuant le câblage conjointement aux équations. Mais d'autres solutions sont possibles, surtout si vous passez par les 'Φ' en écrivant l'équation de /S₃.

A SUIVRE

Le prochain volet, le n° 9, sera peut-être l'occasion d'apporter quelques compléments et rectificatifs pour cette série. En effet, même si cela est indépendant de notre propre volonté, les erreurs dans de telles analyses sont inévitables par les imitoyables « Lois de Murphy » ! Les fiches techniques des modules qui n'ont pu être insérées dans la revue, par manque de place, seront disponibles dans ce même volet.

UN AMPLIFICATEUR POUR CASQUE



Il n'est pas rare de ressentir le besoin de disposer d'un amplificateur pour casque avec volume variable. Il est ainsi utile de le doter d'une réserve de puissance suffisante pour l'adapter au large éventail d'impédances que proposent les constructeurs.

Selon le modèle, celle-ci peut aller de $8\ \Omega$ à plus de $1\ k\Omega$. Bien entendu, cet amplificateur ne pourra pas commander de casque électrostatique, la technologie utilisée étant radicalement différente des casques traditionnels. Outre la réserve de puissance, les efforts ont été portés sur la qualité de son, une bande passante large et une réalisation aisée. Aucun réglage, et câblage minimal du fait de l'implantation de l'embase jack 6,35 et du potentiomètre stéréo directement sur la platine imprimée.

SCHEMA DE PRINCIPE

a) L'amplificateur (Fig. 1)

Nous décrivons uniquement le fonctionnement d'un canal. Le second étant identique.

— Il se compose d'un amplificateur à trois étages, avec entrée sur différentiel.

On remarquera une curieuse LED entre les bases des transistors de sortie, et le couplage des bases des deux sources de courant.

En fait, pour réaliser un amplificateur de quelques centaines de milliwatts, l'auteur s'est contenté de supprimer les composants superflus d'un amplificateur plus puissant.

La modulation musicale de niveau ligne est appliquée au gate de T_1 par l'intermédiaire de C_1 et du potentiomètre de volume. T_1 et T_2 constituent une « paire à longue queue », cœur d'un amplificateur différentiel.

Pour saisir son fonctionnement, il est préférable de remplacer mentalement les deux FET par des transistors NPN.

Les émetteurs des deux transistors sont au même potentiel car reliés à une résistance commune. Comme les chutes de tension VBE sont identiques pour les



deux transistors, les potentiels présents sur les bases sont sensiblement les mêmes. Ainsi, T_2 recopie constamment sur sa base la variation de potentiel de la base de T_1 .

La sortie du différentiel, prise sur le collecteur de T_1 , émet un signal d'erreur en rapport avec la différence existant entre les deux bases. Ce signal résulte de l'obligation pour les deux transistors de maintenir la somme des courants de collecteur égale au courant d'émetteur.

Dans notre application, nous maintenons constant le courant d'émetteur à l'aide d'une source. En agissant ainsi, nous optimisons le fonctionnement du différentiel en accroissant son gain à vide de façon spectaculaire, et en rendant ses caractéristiques indépendantes de la tension d'alimentation.

On se rend très vite compte que la qualité de son de l'amplificateur dépend étroitement de la

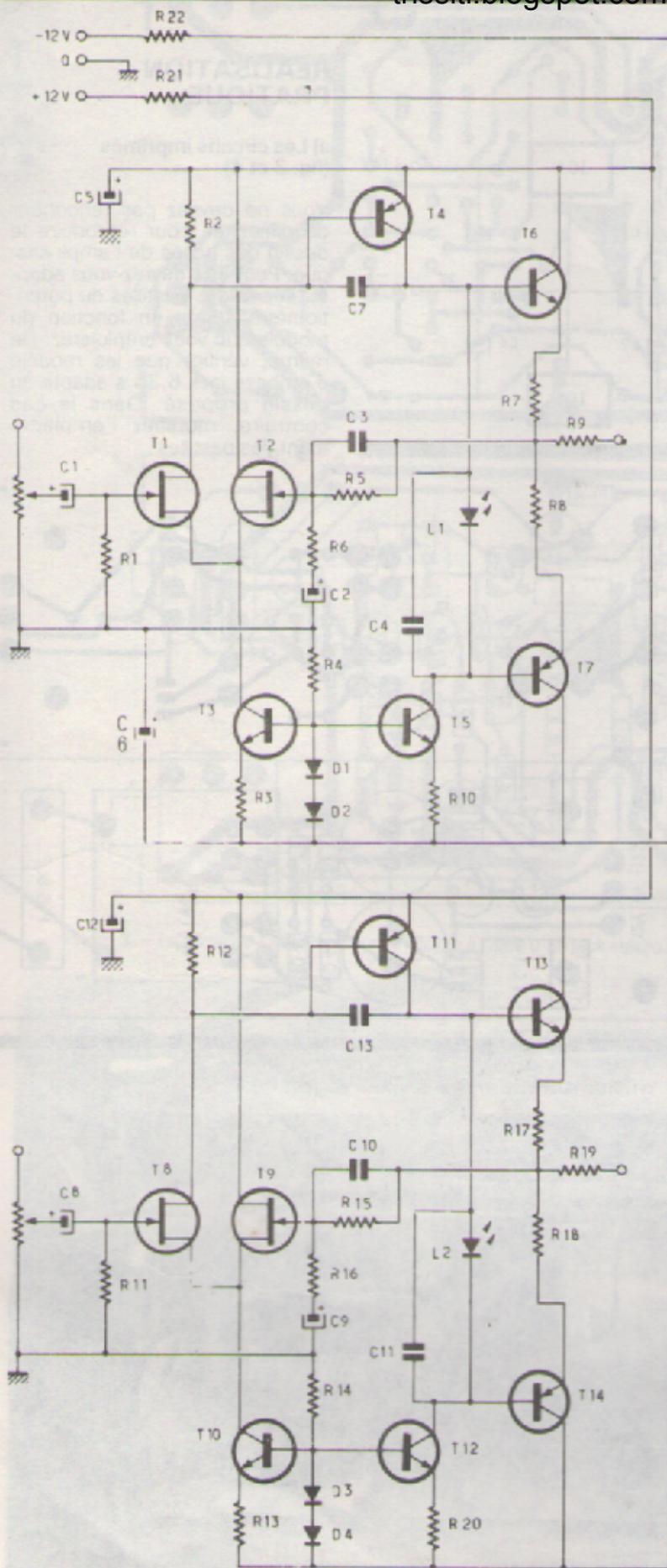
qualité des transistors employés dans le différentiel.

Puisque la tension d'alimentation de notre ampli casque est assez modeste, l'idée nous est venue de bénéficier de la qualité que l'on attribue généralement aux FET. Nous avons donc installé des 2N 3819 en lieu et place des BC 109C prévus initialement pour T_1 et T_2 .

Nous avons constaté qu'aucune modification supplémentaire n'a été nécessaire, le principe du différentiel étant le même dans les deux cas.

C'est d'ailleurs un des aspects les plus remarquables du différentiel. Son principe offre une grande latitude quant au choix des paramètres qui l'entourent.

Ainsi, la valeur de la tension d'alimentation peut être choisie dans une large fourchette. Les sources de courant T_3 et T_5 se chargent de maintenir le point de fonctionnement optimal de l'amplificateur.



Le gain en tension est déterminé par le rapport R_5/R_6 . Il est lui aussi indépendant de l'alimentation. Nous l'avons fixé à 10, ce qui permet d'amplifier dans de bonnes conditions tous niveaux « ligne » (magnétophone, CD, table de mixage, etc.). Le condensateur C_2 , en constituant une barrière pour le courant continu de sortie, fixe le gain en tension continue à 1. En l'absence de ce condensateur, la tension d'offset d'entrée se retrouverait à la sortie multipliée par 10. Le deuxième étage est constitué par T_4 , T_5 et L_1 .

Pourquoi une LED ?

Pour compenser la chute de tension V_{BE} des transistors de sortie, il convient de réaliser un décalage d'un minimum de 1,4 V entre les bases de T_6 et T_7 . Pour cela, on utilise généralement des diodes 1N 4148 montées en série, ou une diode Zener. La chute de tension aux bornes d'une LED rouge sera un peu supérieure à 2 V, et constante. Elle fait donc office de diode Zener.

La base de la source de courant T_5 partage sa tension de référence avec T_3 . Deux diodes montées en série et polarisées en sens direct se comportent comme une diode Zener de 1,2 V. Ce potentiel appliqué à la base des transistors fixe la tension d'émetteur à 600 mV (tension de base moins la chute V_{BE}).

En maintenant constant ce potentiel aux bornes de R_{10} et R_3 , ces transistors stabilisent le courant dans les deux branches à des valeurs déterminées et indépendantes de la modulation musicale. On bénéficie ainsi d'un gain à vide très élevé qui découle du fait qu'une source de courant correspond à une résistance de très forte valeur pour les signaux alternatifs.

La puissance modeste de notre amplificateur nous autorise à utiliser des transistors à faible dissipation pour le push-pull de sortie. La bande passante se trouve privilégiée par ce choix, et seule la présence de condensateurs céramiques aux points clés la limitera dans le domaine des basses fréquences. En outre, ces condensateurs immunisent le montage contre les départs en oscillations spontanées.

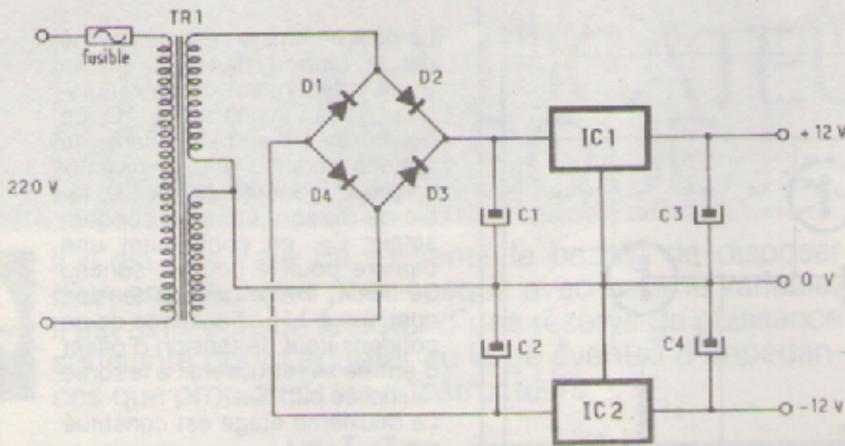
La présence de R_9 limite le courant de sortie et protège l'amplificateur contre les courts-circuits.

1 Chacune des entrées de l'amplificateur se compose d'un différentiel construit à l'aide d'une paire de transistors FET

2 Schéma de l'alimentation symétrique $\pm 12\text{ V}$ construite autour de régulateurs intégrés.

Circuit imprimé et implantation de l'alimentation.

3



REALISATION PRATIQUE

a) Les circuits imprimés (fig. 3 et 4).

Vous ne devriez pas rencontrer de difficultés pour reproduire le dessin des pistes de l'ampli casque. Peut-être devrez-vous adapter l'écart des pastilles du potentiomètre stéréo en fonction du modèle que vous emploieriez. De même, vérifiez que le modèle d'embase jack 6,35 s'adapte au dessin proposé. Dans le cas contraire, modifiez l'emplacement des pastilles.

Enfin, un découplage efficace de l'alimentation est réalisé par R_{21} et R_{22} , associées à des condensateurs chimiques.

b) L'alimentation (fig. 2).

Si vous désirez réaliser l'amplificateur sous forme d'appareil autonome, il faudra le doter d'une alimentation de deux fois 12 V. Il n'y a rien de particulier à dire sur ce schéma désormais classique.

Compact, réunissant sur une même platine le transformateur, le redresseur, le filtrage et la régulation, cette configuration s'adapte à toutes les applications nécessitant un courant faible et la symétrie des tensions. Des diodes 1N 4148 remplacent les traditionnelles 1N 4001, ces premières étant beaucoup moins onéreuses et adaptées au courant généré.

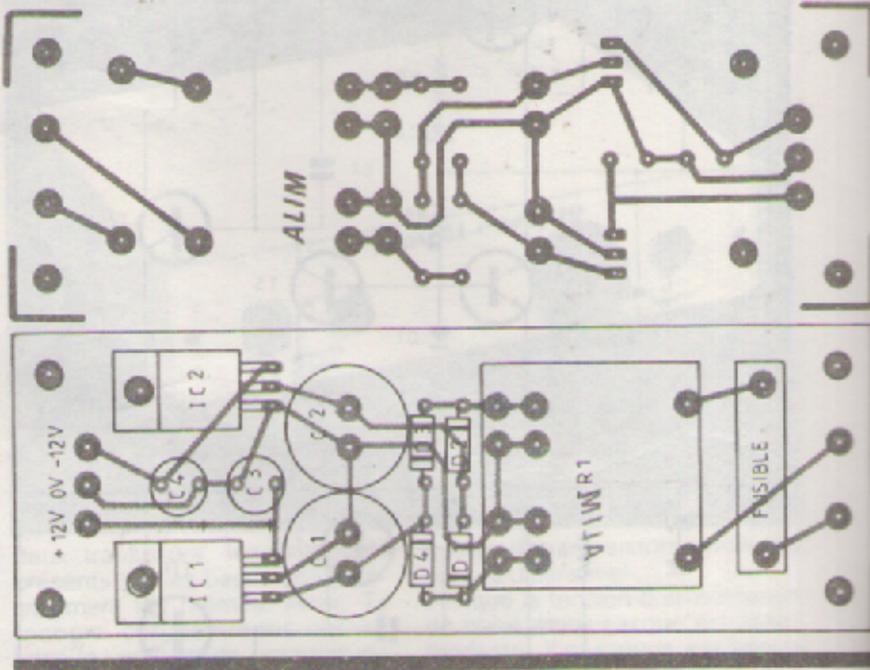
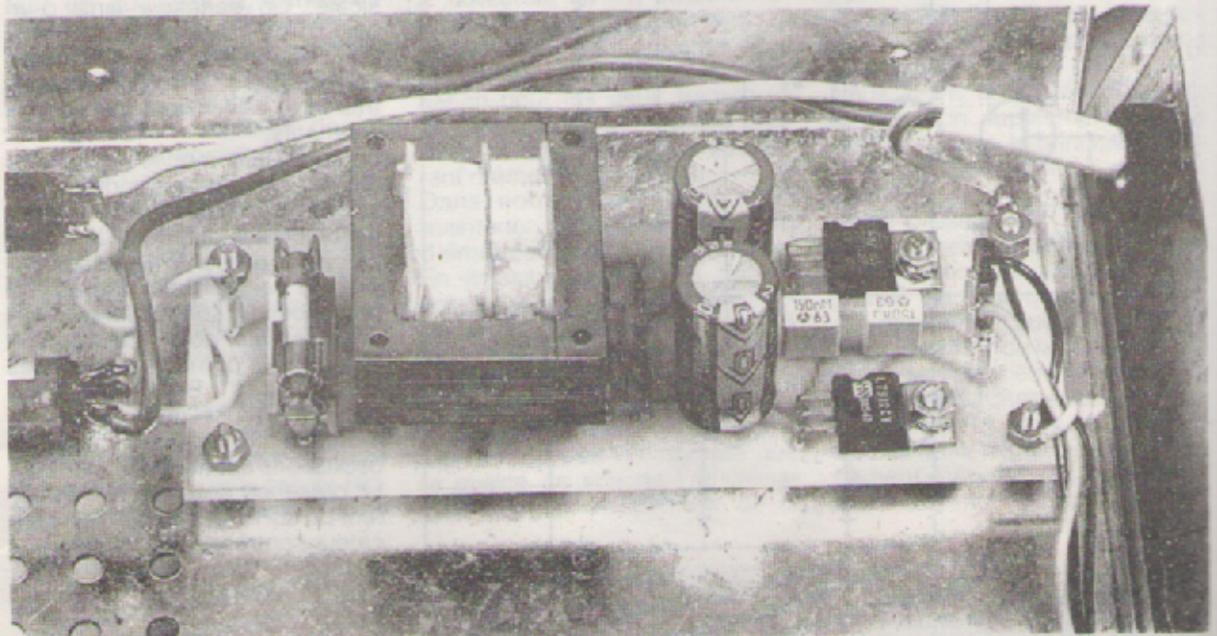


Photo 2. — Vue de la platine d'alimentation : on remarquera la symétrie des deux étages.



4

Tracé du C.I. de l'amplificateur accompagné de l'implantation.

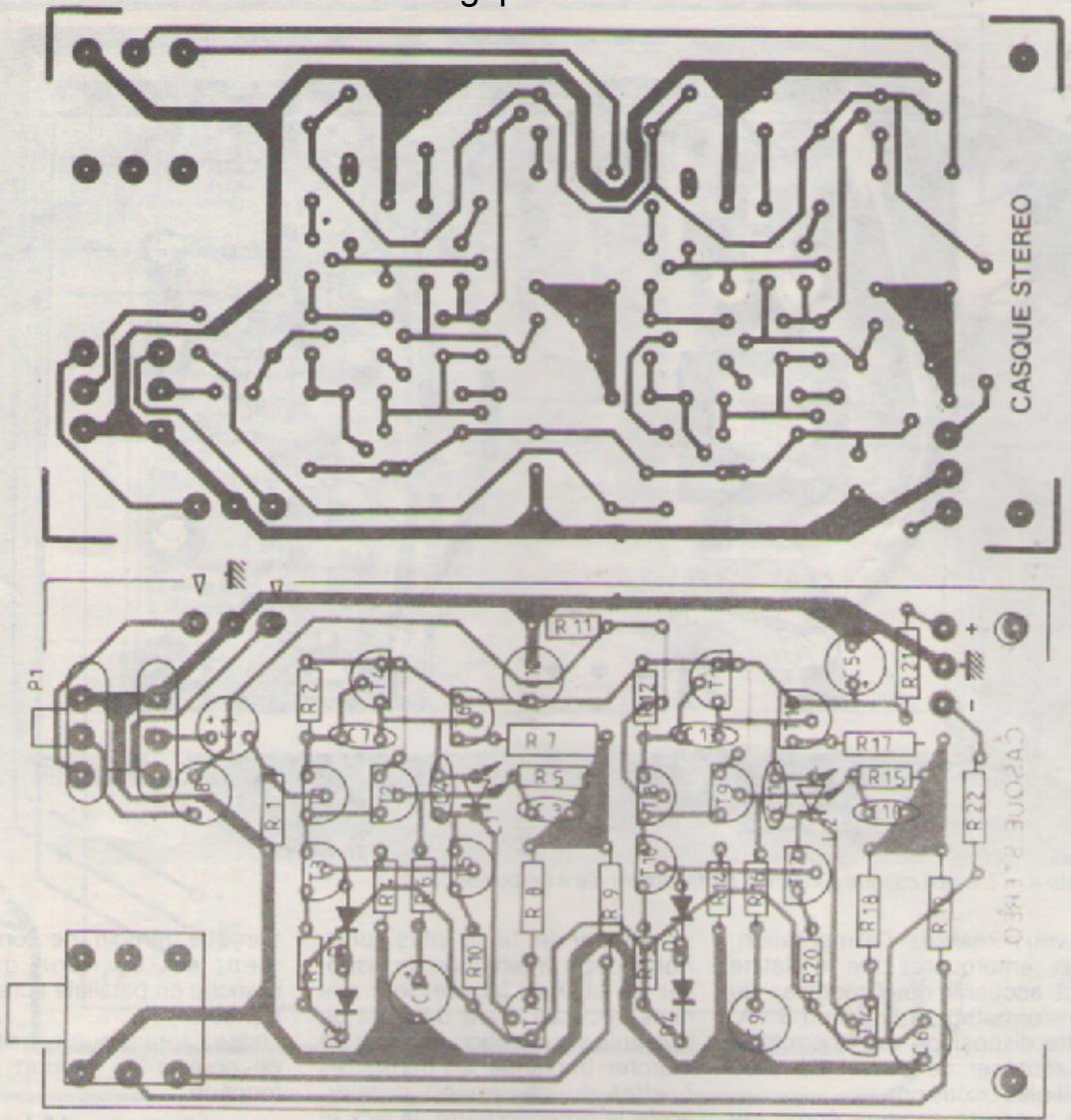
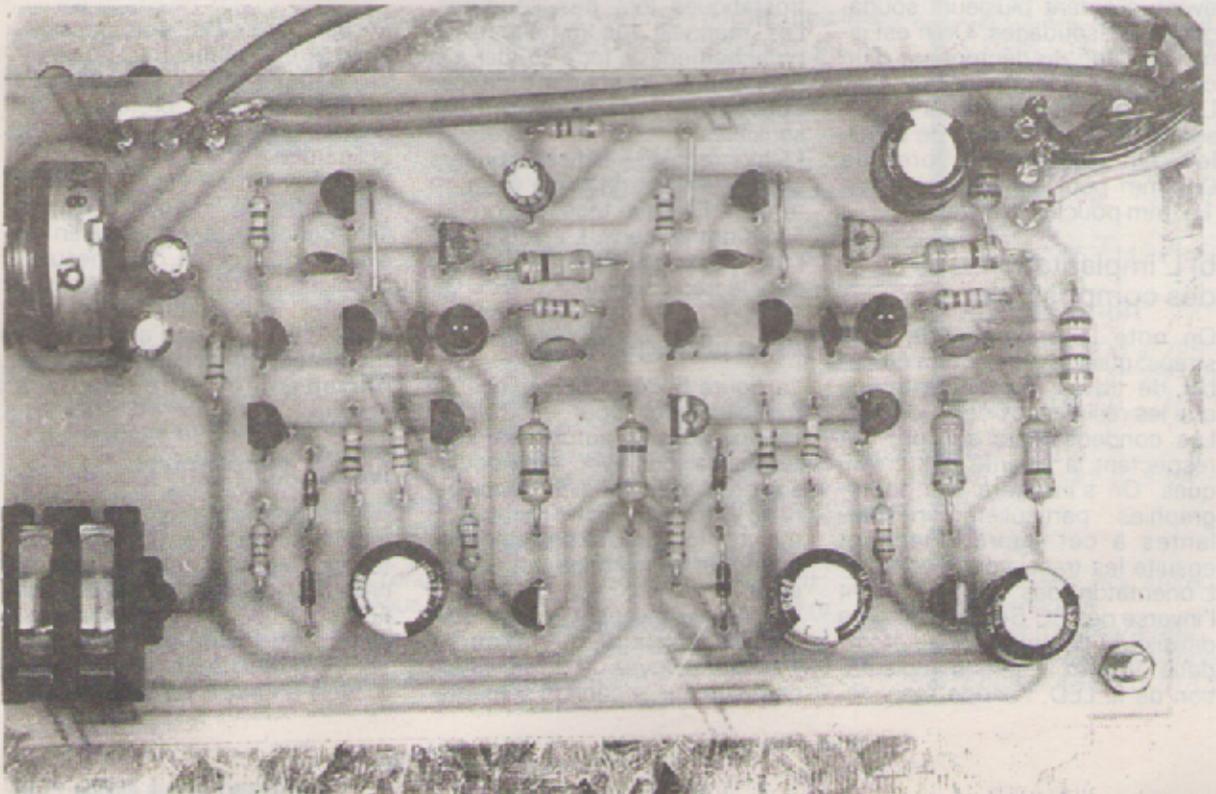


Photo 3. - La sortie de l'amplificateur se réalise à l'aide d'un jack stéréo soudé sur le C.I.



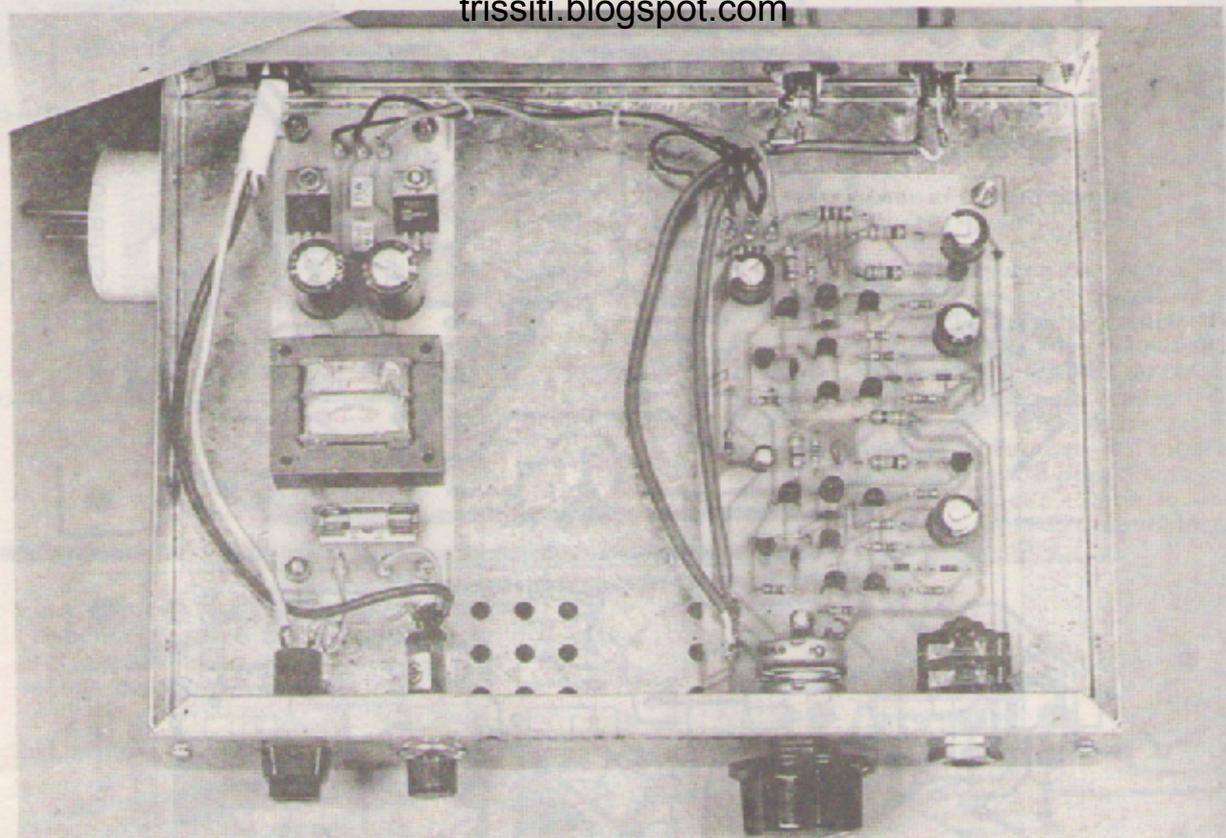


Photo 4. – L'ampli casque s'insérera parfaitement dans un boîtier ESM.

Si vous réalisez l'alimentation, vous remarquerez que la platine peut accueillir deux modèles de transformateur, 1,5 VA ou 3 VA. Cette disposition vous permettra de réutiliser ce dessin dans de multiples occasions.

Les supports en verre époxy seront préférés à la Bakélite, car leur qualité mécanique autorise éventuellement plusieurs soudures et dessoudages. On n'est jamais à l'abri du démontage d'un composant défectueux.

Le perçage est facilité par la présence de deux formats de pastilles. On utilisera un foret de 0,8 mm pour les petites, et de 1,2 mm pour les grandes.

b) L'implantation des composants

On note la présence de trois straps, que l'on implantera en début de travail, en même temps que les résistances et les diodes. Les condensateurs suivront, en respectant la polarité des chimiques. On s'inspirera des photographies, particulièrement parlantes à cet égard. Viennent ensuite les transistors bipolaires. L'orientation des BC 557 étant l'inverse des BC 547, il vous sera difficile de commettre une étourderie. Vérifiez le sens d'implantation de la LED, l'anode étant re-

pérée par le fil le plus long. Renoncez à la tentation de disposer les LED en façade, leur rôle dans le circuit étant différent de la simple visualisation de l'état de marche. Implantez les transistors à effet de champ en dernier, après le potentiomètre, le jack et les picots. Vous limiterez ainsi l'accumulation de charges électrostatiques lors des soudures. Les manuels recommandent le branchement du fer à souder à la masse pour le soudage de ces composants particulièrement sensibles.

Le montage de l'alimentation fera lui aussi l'objet de toute votre attention. Presque tous les composants ont un sens. L'inversion de l'un d'eux serait préjudiciable pour le transformateur.

c) Le câblage (fig. 5)

La figure 5 décrit le câblage de l'amplificateur pour casque en tant qu'appareil autonome. Toutes les liaisons avec les modules sont réalisées à l'aide de picots mâle et femelle. Cette méthode a maintes fois prouvé son efficacité quand un démontage est nécessaire.

Vous serez exigeants sur la qualité de câblage de la partie 220 V. Prévoyez un dispositif antitraction sur le câble d'alimenta-

tion. Le témoin de fonctionnement est un néon que l'on branche en parallèle après l'interrupteur.

Utilisez autant que possible du fil de couleur en rapport avec sa fonction :

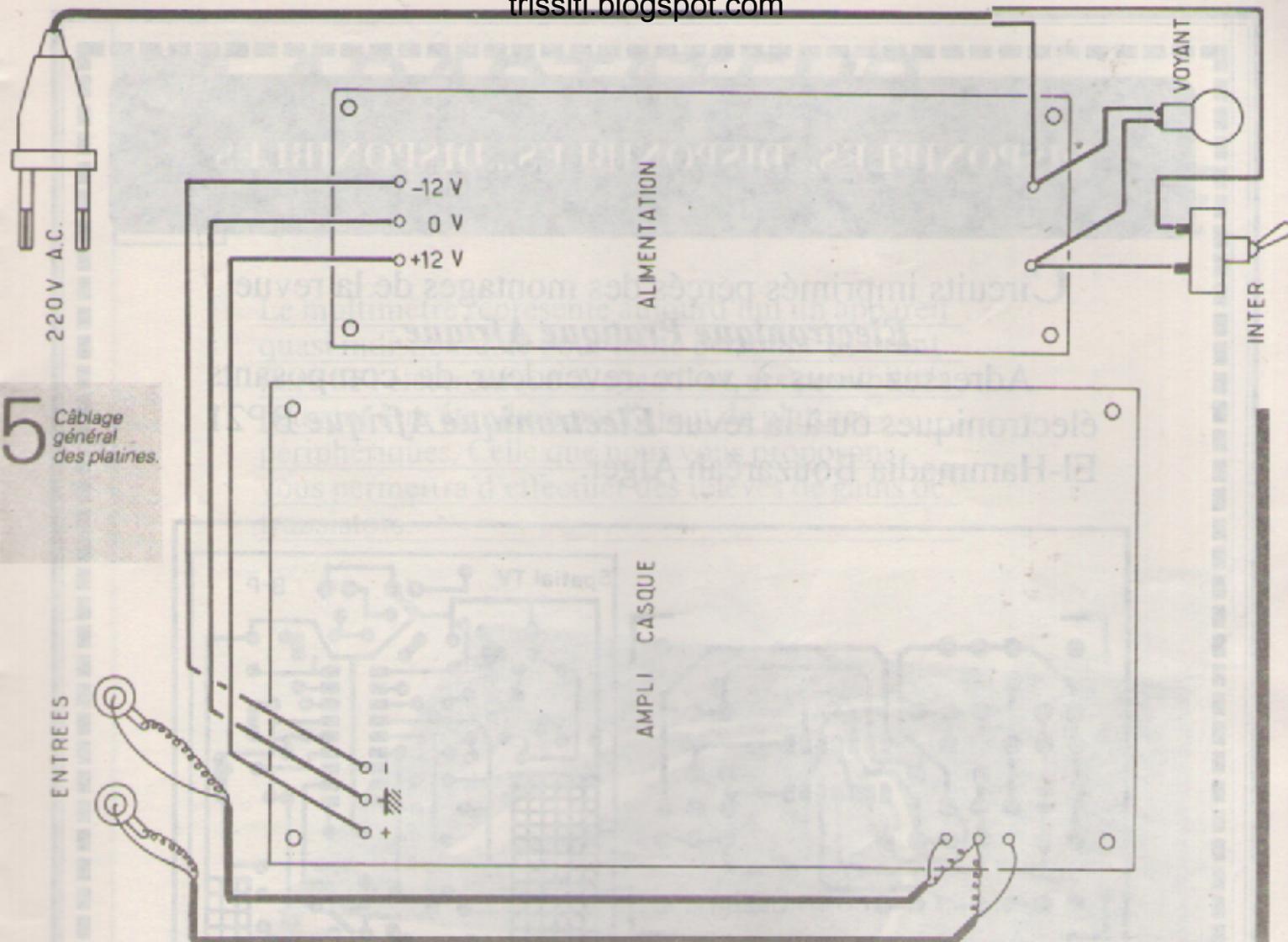
- rouge pour le + 12 V,
- noir pour le 0 V,
- vert pour le - 12 V

En effet, trois fils, trois possibilités d'erreur, toutes trois fatales. Les entrées se font sur embases CINCH, qu'il est préférable de choisir isolées. Le fil blindé est obligatoire.

Le boîtier utilisé est un modèle métallique de marque ESM. Il sera connecté à la masse en un seul point. Toutes ces mesures d'isolation et de blindage visent à éliminer tout risque de ronflement. Le bruit, en l'absence de modulation musicale, doit être parfaitement indétectable à l'oreille.

MISE AU POINT

Avant de mettre en marche le montage, prenez le temps de détecter l'ultime erreur et la dernière inversion de polarité. Les FET sont des composants capricieux. La disparité des caractéristiques que l'on rencontre d'un modèle à l'autre est très grande.



5 Câblage général des platines.

Nous avons constaté sur un de nos prototypes la présence d'un petit bruit de fond sur un des canaux. Le remplacement des FET du différentiel par une autre paire a éliminé le problème.

CONCLUSION

Vous disposez maintenant d'un amplificateur capable de commander une large variété de casques d'écoute. Sa dynamique s'adapte très bien au compact-disc.

L'auteur se doit de faire écho aux recommandations relatives à l'écoute à fort volume. La pression acoustique générée par un casque audio peut dépasser allégrement les 100 décibels, et la surdité commence par une perte progressive de sensibilité dans le haut du spectre.

Un dernier point : si vous rencontrez des difficultés pour vous approvisionner en 2N 3819, remplacez-les par des BC 109C ou des BC 549C. Somme toute, la

différence entre les deux est très subjective, comme tout ce qui touche à la haute fidélité, une fois dépassé un certain seuil.

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Amplificateur

R_1, R_{11} : 220 k Ω (rouge, rouge, jaune)
 R_2, R_{12} : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
 R_3, R_{13} : 560 Ω (vert, bleu, marron)
 R_4, R_{14} : 10 k Ω (marron, noir, orange)
 R_5, R_{15} : 3,3 k Ω (orange, orange, rouge)
 $R_6, R_{10}, R_{16}, R_{20}$: 330 Ω (orange, orange, marron)
 $R_7, R_8, R_9, R_{17}, R_{18}, R_{19}$: 56 Ω 1/2 W (vert, bleu, noir)
 R_{21}, R_{22} : 10 Ω , 1/2 W (marron, noir, noir)

P_1 : 2 x 100 k Ω , LOG (B)
 C_1, C_8, C_{12} : 4,7 μ F/16 V
 C_2, C_5, C_6, C_9 : 220 μ F/16 V
 C_3, C_7, C_{10}, C_{13} : 33 pF
 C_4, C_{11} : 470 pF
 L_1, L_2 : LED rouge
 D_1, D_2, D_3, D_4 : 1N 4148
 T_1, T_2, T_8, T_9 : 2N 3819, (ou BC109C, voir texte)
 $T_3, T_5, T_6, T_{10}, T_{12}, T_{13}$: BC 547
 T_4, T_7, T_{11}, T_{14} : BC 557

Alimentation

C_1, C_2 : 1 000 μ F/25 V radial
 C_3, C_4 : 4,7 μ F 25 V radial
 D_1, D_2, D_3, D_4 : 1N 4148
 IC_1 : 7812
 IC_2 : 7912
 TR_1 : 2 x 12 V, 3 VA

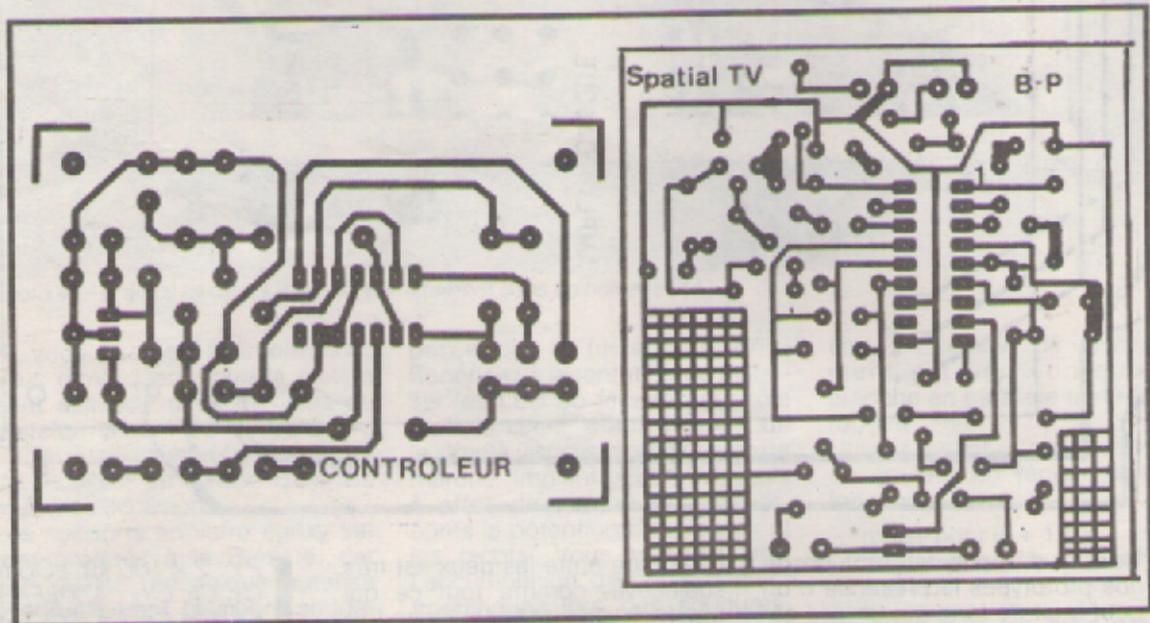
Divers

1 embase jack stéréo, pour circuit imprimé
 1 inter marche/arrêt
 1 témoin de fonctionnement
 1 boîtier ESM EB 21/05 FA

DISPONIBLES...DISPONIBLES...DISPONIBLES

Circuits imprimés percés des montages de la revue
Electronique Pratique Afrique.

Adressez vous à votre revendeur de composants électroniques ou à la revue *Electronique Afrique* BP21 El-Hammadia Bouzaréah Alger.



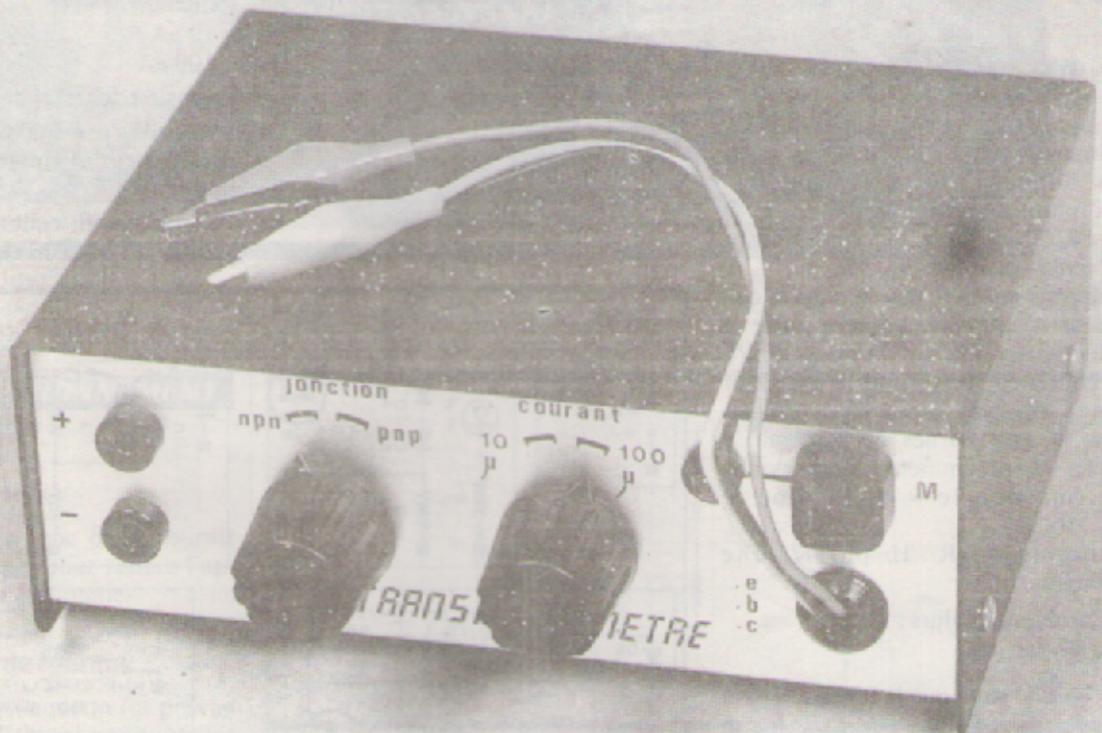
Exemple de quelques réalisations:

- Barrière infrarouge Emetteur.
- Barrière infrarouge Récepteur.
- Interrupteur crépusculaire.
- Alarme.
- Variateur de vitesse pour perceuse 12v.
- Chargeur de batteries.
- Contrôleur de batterie.
- Un amplificateur téléphonique.
- Thermostat d'ambiance.
- Sirène.
- ...



ADAPTATEUR TRANSISTORMETRE

Le multimètre représente aujourd'hui un appareil quasi indispensable pour toute personne désirant faire de l'électronique. Cependant, ses possibilités peuvent être étendues par l'ajout de platines périphériques. Celle que nous vous proposons vous permettra d'effectuer des relevés de gains de transistors.



Tout comme l'auteur, beaucoup d'entre vous disposent de nombreux transistors dans leurs casiers. Un tri par gain s'impose dès lors, si l'on sait qu'une référence inscrite sur un boîtier ne suffit pas réellement à renseigner l'utilisateur sur le composant qu'il tient en main : il n'est pas exceptionnel de rencontrer pour un même modèle, des gains variant de 100 à 900 !

On pourrait ainsi effectuer un classement en trois grands groupes :

- Les faibles gains, de 0 à 40, que l'on réservera pour les montages de commutation (commande de LED, de relais...);
- les gains moyens, de 40 à 300, pour les usages courants ;
- les gains importants, supérieurs à 300, pour les préamplificateurs, les adaptateurs...

Que représente le gain d'un transistor ?

Ce composant est un amplificateur de courant. Il comporte ainsi trois électrodes notées : émetteur, base, collecteur. En injectant un faible courant I_b dans sa base, on retrouve dans son collecteur un courant plus important, noté I_c . Le rapport I_c/I_b correspond au gain β , que l'on prononcera « Béta ».

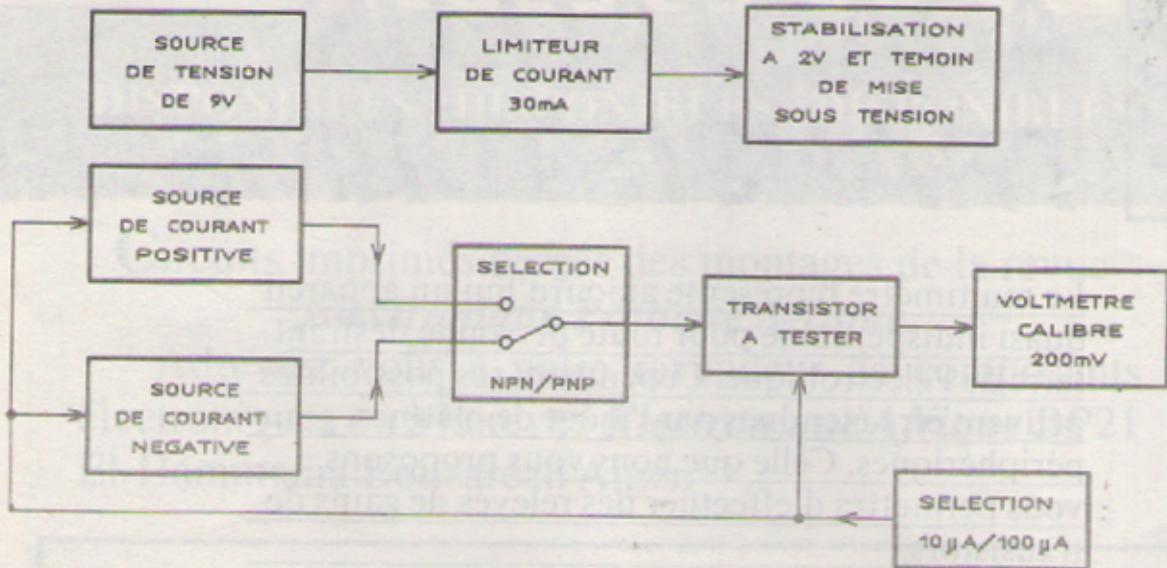


Fig. 1 Synoptique.

I - PRINCIPE

La figure 1 fournit le synoptique du montage.

Les différents blocs correspondent aux pointillés du schéma de la figure 2. L'hypothèse de test du transistor sera la suivante (fig. 3a).

Une résistance est placée dans le collecteur d'un NPN, branché entre le potentiel « + Vcc » et la masse (0 V). Le courant le traversant le transistor donne naissance à une chute de tension V, aux bornes de R, égale à $R \cdot I_c$. Précédemment, nous avons affirmé que $I_c = \beta \cdot I_b$ d'où $V = R \cdot I_b \cdot \beta$.

Remplaçons $R \cdot I_b$ par K, une constante.

Nous obtenons alors :

$$V = K \cdot \beta$$

On voit de suite que la tension V sera une fonction linéaire du gain. Il suffira alors, pour connaître la valeur de ce dernier, d'utiliser un voltmètre que l'on connectera aux bornes de R. Cependant, le transistor sera polarisé de manière différente, suivant son type (NPN ou PNP) grâce aux circuits du rotacteur B. De plus, deux sensibilités de courant de base seront disponibles grâce aux circuits du commutateur A :

- 1° $I_b = 10 \mu A$
- 2° $I_b = 100 \mu A$

II - CARACTERISTIQUES COMPLETES DE L'APPAREIL

- Test de transistor
 - au silicium
 - au germanium
 - NPN,
 - PNP

- Courant de base
 - $10 \mu A$
 - $100 \mu A$
- Tension de test réduite à 2 V.
- Sécurité en cas de court-circuit entre collecteur et émetteur, par une limitation.
- Sortie sur un calibre voltmètre de 200 mV ou de 2 V.

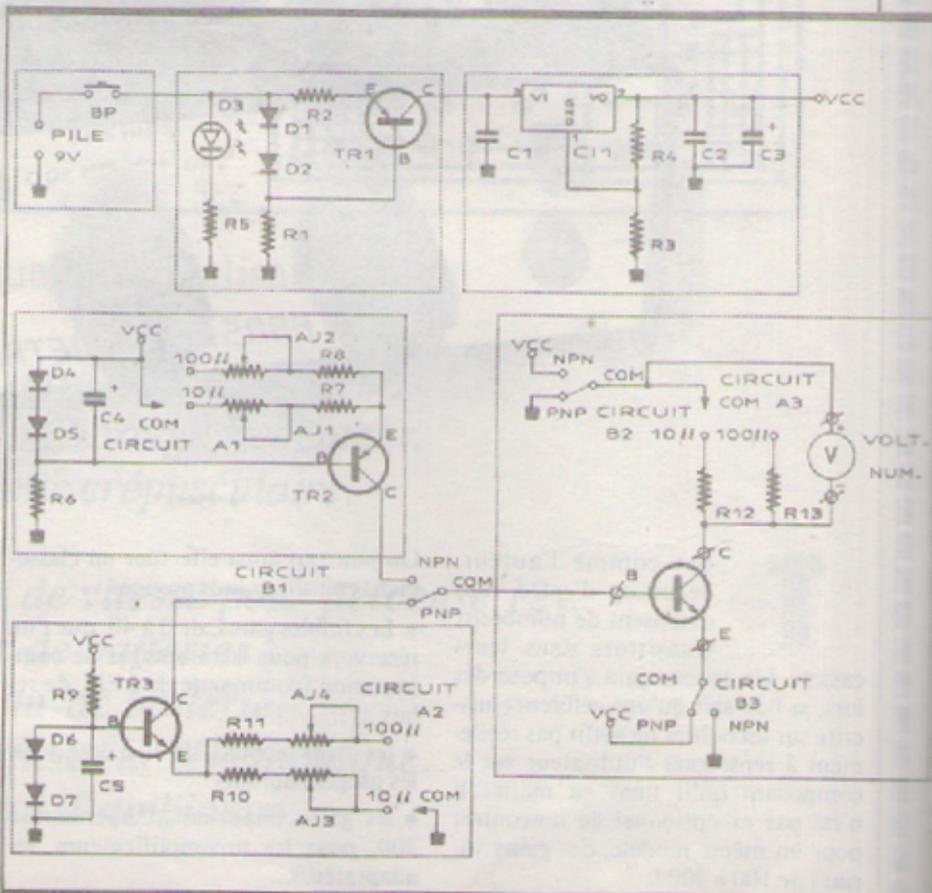
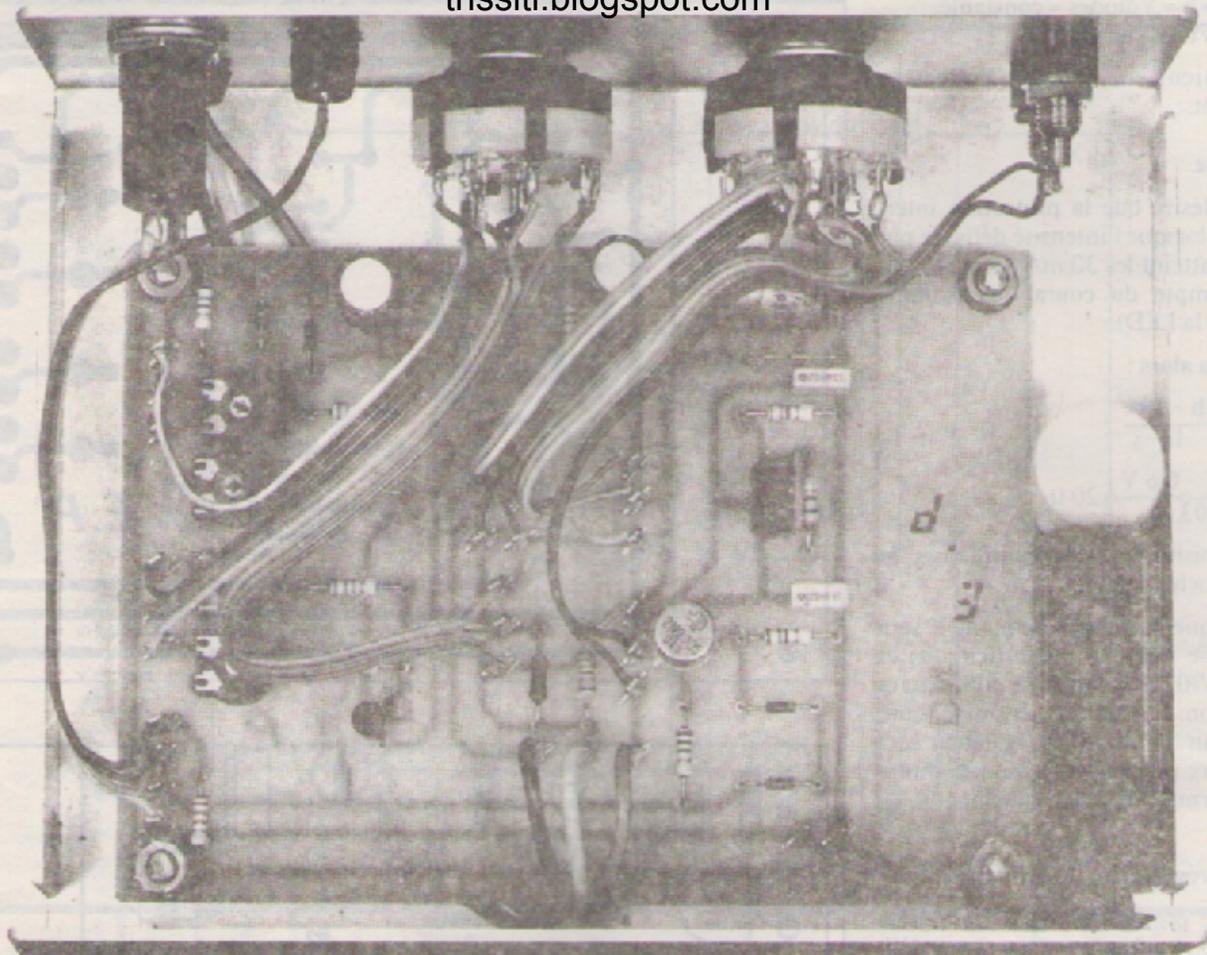


Schéma de principe. Fig. 2



Vue intérieure de l'adaptateur en question.

III - FONCTIONNEMENT

(figure 2)

1° L'alimentation

Une pile 9 V du type 6F22 fournit l'énergie nécessaire pour rendre l'appareil portable et autonome.

2° Le limiteur de courant

Dès l'origine, la maquette fut prévue pour tester des semi-conducteurs douteux, présentant, par exemple, un court-circuit franc entre collecteur et émetteur. Si la platine n'était pas protégée, R_{13} dissiperait en permanence 400 mV, et la pile débiterait plus de 200 mA, ce qui, vu le modèle en question, la conduirait à une mort certaine !

L'électronicien traumatisé, ne pouvant assumer une telle situation, troquerait certainement son multimètre contre une tondeuse à gazon dans les quarante-huit heures !

Avant d'en arriver là, une solution consiste à introduire, en aval de la

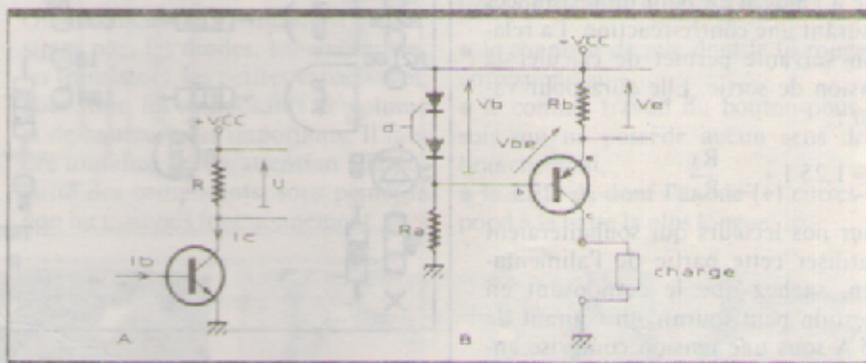


Fig. 3 Générateur de courant constant.

source de tension, un limiteur de courant. Ce dernier est ici constitué d'un générateur de courant constant dont on donne le schéma à la figure 3b.

Théorie

Les deux diodes d, polarisées par R_a , fournissent une référence de tension proche de 1,4 V. D'après la loi des mailles, on aura :

$$V_b = V_{be} + V_e$$

sachant que

$$V_e = R_b \cdot I_e$$

on en déduit que :

$$V_b = V_{be} + R_b \cdot I_e$$

d'où :

$$I_e = \frac{V_b - V_{be}}{R_b}$$

Sachant, de plus, que :

● Le courant d'émetteur est égal au courant collecteur (au courant de base près),

- que $V_b = V_{diodes} = \text{constante}$,
- que $V_{be} = \text{constante}$,

on obtient un courant collecteur constant.

Pratique

• On désire que la protection intervienne lorsque l'intensité délivrée par la pile atteint les 30 mA. (On ne tient pas compte du courant consommé par D_3 , la LED).

On aura alors :

$$R_b = \frac{V_b - V_{be}}{I_e}$$

$$= \frac{1,2 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{0,03 \text{ A}} = 20 \Omega$$

On choisira la valeur normalisée la plus proche, soit 22 Ω .

• Lorsque la charge appliquée sera comprise entre 0 Ω (court-circuit) et $R = 2 \text{ V} / 0,03 \text{ A}$, la protection entrera en action. Lorsqu'elle sera supérieure en valeur, le dispositif régulateur sera mis hors service, ceci étant la situation normale de fonctionnement.

3° La régulation de tension

Afin de protéger certains transistors quelque peu fragiles, nous avons délibérément réduit à $\approx 2 \text{ V}$, la tension de test. Le régulateur utilisé est un LM 317 dont le potentiel de sortie se fixe à l'aide d'un pont de résistances assurant une contre-réaction. La relation suivante permet de calculer la tension de sortie. Elle aura pour valeur :

$$U = 1,25 \text{ V} + \frac{R_3}{R_4}$$

Pour nos lecteurs qui souhaiteraient réutiliser cette partie de l'alimentation, sachez que le composant en question peut fournir un courant de 1,5 A sous une tension comprise entre 1,25 V et 37 V.

Pour un complément d'information, nous vous invitons à vous reporter à un article de l'auteur, paru dans *Electronique Pratique* n° 103, portant sur la stabilisation.

4° Les générateurs de courant constant

Montés autour de TR_2 et TR_3 , nous ne reviendrons pas sur leur fonctionnement, similaire au limiteur de courant vu précédemment. Sachez simplement que la source de courant, construite autour de TR_3 , fonctionne

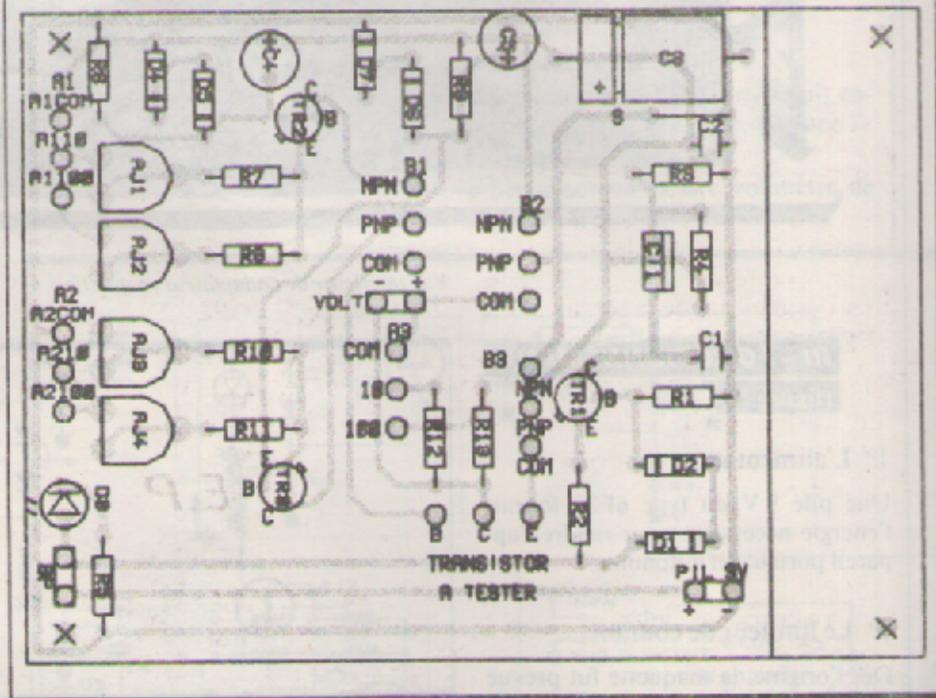
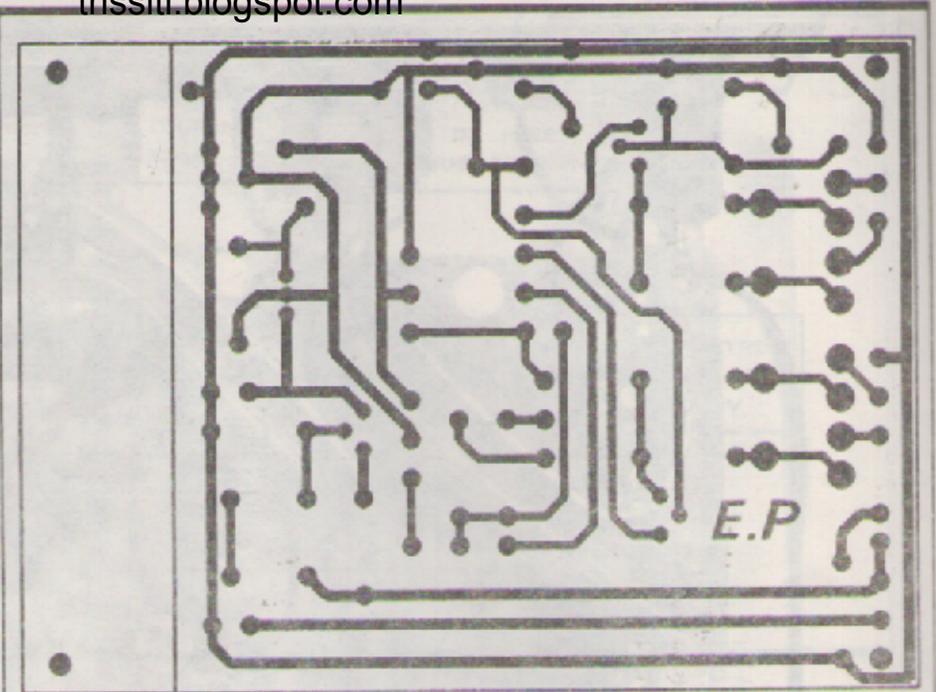


Fig. 4 Tracé du circuit imprimé et implantation à l'échelle.
et 5

de même manière, exceptée qu'elle absorbe le courant par son collecteur. Ceci devient totalement nécessaire pour polariser le transistor à tester, lorsque celui-ci est un NPN.

5° Les commutations

Les circuits A_1 et A_2 du premier rotacteur permettent de sélectionner le courant de base injecté dans le semi-conducteur testé, tandis que les circuits B_1 , B_2 , B_3 , du second rotacteur assurent le choix NPN / PNP.

IV - REALISATION PRATIQUE

a) Le circuit imprimé

Son tracé est donné en figure 4 à l'échelle 1. On le réalisera de préférence en époxy afin d'obtenir une bonne rigidité mécanique du support et, par delà même, des pistes. Le des-

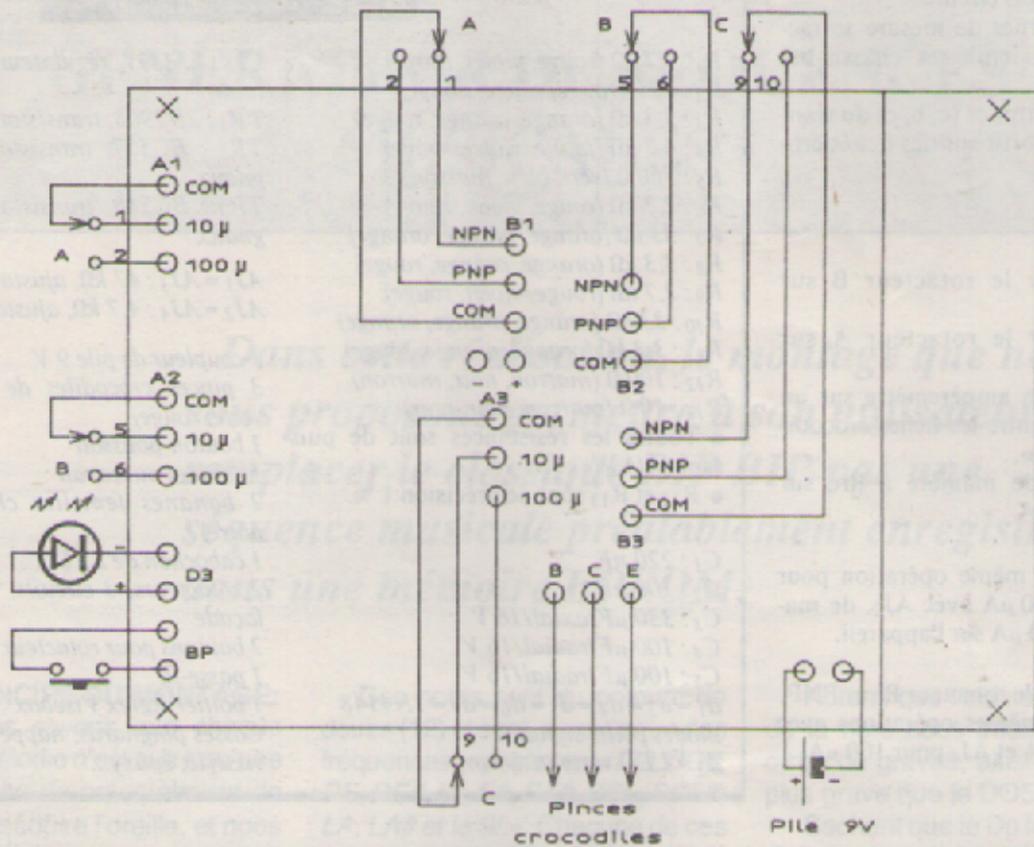


Fig. 6 Plan de câblage.

sin du cuivre pourra être directement réalisé à l'aide de bandes et de transferts, type Mécanorma, après un sérieux dégraissage de la surface sur laquelle on travaillera.

Après gravure dans un bain de perchlorure de fer tiède, on percera les différents trous à :

- 0,8 ou 1 mm, pour l'ensemble des composants,
- 1,2 mm pour les cosses,
- 3 mm pour les trous de fixation.

b) Implantation (fig. 5)

On commencera par insérer l'unique strap, puis les diodes, les résistances, les transistors, les petites capacités et, pour finir, les composants de volume et de hauteur plus importants. Il faudra toutefois prêter attention à la polarité des composants, sous peine de non ou mauvais fonctionnement.

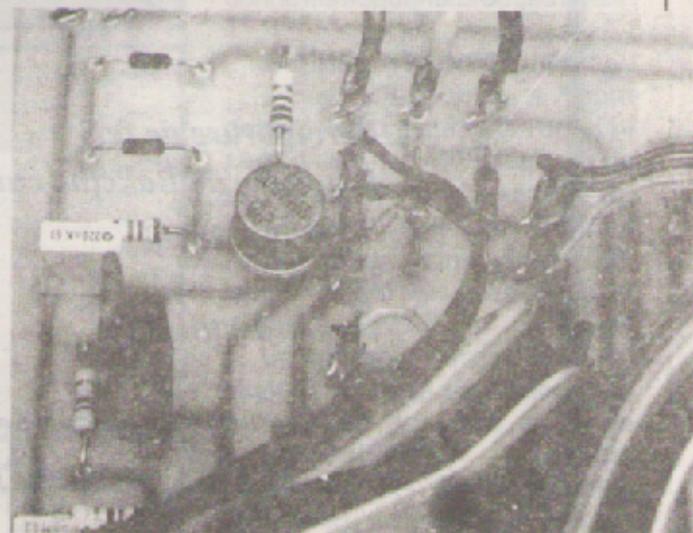
c) Câblage

Il ne posera aucun problème si l'on prend soin de bien suivre les indications de la figure 6. Sont à câbler :

- le coupleur de pile dont le fil rouge correspond au +,
- le contact travail du bouton-poussoir qui ne possède aucun sens de branchement,
- la LED D_3 dont l'anode (+) correspond à la patte la plus longue.



Utilisation de mini-pincettes.



Des fils conducteurs pour les liaisons.

- les commutateurs (A) et (B) possédant chacun trois circuits,
- les deux bornes de mesure se raccordant à des embases châssis-banane,
- les trois électrodes (e, b, c) du transistor testé, à sortir sur des fiches crocodiles.

d) Réglages

1°

- Positionner le rotacteur B sur NPN,
- positionner le rotacteur A sur 10 μ A,
- connecter un ampèremètre sur un faible calibre entre les fiches crocodiles « b » et « c »,
- régler AJ₁ de manière à lire sur l'appareil 10 μ A.

2°

- Exécuter la même opération pour la position 100 μ A avec AJ₂, de manière à lire 100 μ A sur l'appareil.

3°

- Positionner le rotacteur B sur PNP,
- refaire les mêmes opérations avec AJ₃ pour 10 μ A et AJ₄ pour 100 μ A.

LISTE DES COMPOSANTS

R₁: 2,7 k Ω (rouge, violet, rouge)
R₂: 22 Ω (rouge, rouge, noir)
R₃: 3,3 k Ω (orange, orange, rouge)
R₄: 4,7 k Ω (jaune, violet, rouge)
R₅: 560 Ω (vert, bleu, marron)
R₆: 2,7 k Ω (rouge, violet, rouge)
R₇: 33 k Ω (orange, orange, orange)
R₈: 3,3 k Ω (orange, orange, rouge)
R₉: 2,7 k Ω (rouge, violet, rouge)
R₁₀: 33 k Ω (orange, orange, orange)
R₁₁: 3,3 k Ω (orange, orange, orange)
R₁₂: 100 Ω (marron, noir, marron)
R₁₃: 10 Ω (marron, noir, noir)

- Toutes les résistances sont de puissance 1/4 W
- R₁₂ et R₁₃ sont de précision 1 %

C₁: 220 nF
C₂: 100 nF
C₃: 330 μ F/axial/16 V
C₄: 100 μ F/radial/16 V
C₅: 100 μ F/radial/16 V
d₁ = d₂ = d₄ = d₅ = d₆ = d₇ = 1N4148
diodes petits signaux
d₃ = LED verte \varnothing 5 mm

CI₁: LM317, régulateur de tension ajustable
TR₁: 2N2905, transistor PNP
TR₂: BC557, transistor PNP petits signaux
TR₃: BC548, transistor NPN petits signaux

AJ₁ = AJ₃: 47 k Ω , ajustables couchés
AJ₂ = AJ₄: 4,7 k Ω , ajustables couchés

1 coupleur de pile 9 V
3 pinces crocodiles de couleur (jaune, verte, rouge)
1 bouton-poussoir
1 contact au travail
2 bananes femelles châssis (rouge + noire)
1 cabochon de LED
2 rotacteurs, 3-circuits, 4 positions pour façade
2 boutons pour rotacteur
1 passe-fil
1 boîtier Retex Visebox
Cosses poignards, nappe de fils, soudure, visserie, époxy...

GENERATEUR DE SEQUENCES MUSICALES

Dans cette réalisation, le montage que nous vous proposons permettra à son utilisateur de remplacer le classique BIP BIP par une séquence musicale préalablement enregistrée dans une mémoire EPROM.

A- PRINCIPE DU MONTAGE:

Nous savons que chaque mélodie n'est autre qu'une suite de notes choisies de manière à séduire l'oreille, et nous savons aussi que chaque note correspond à un signal d'une fréquence bien déterminée que nous calculerons plus tard.

Ainsi d'une manière simplifiée, il suffit d'écrire, dans l'ordre, les notes de cette mélodie dans une mémoire programmable, et de les relire à chaque fois qu'on voudra l'écouter.

Ces notes sont du nombre de douze (12) et sont, dans l'ordre des fréquences croissantes: «DO, DO#, RE, RE#, MI, FA, FA#, SOL, SOL#, LA, LA# et le SI». Chacune de ces notes peut-être plus ou moins aiguë ou grave. Les fréquences de ces notes sont régies par la relation suivante:

$$f_{i+1}/f_i = \text{Racine-douzième de } (2).$$

D'où :

$$f_{i+1}/f_i = 1.059$$

Donc nous pouvons écrire:

$$f_{SI4}/f_{LA4\#} = f_{LA4\#}/f_{LA4} = f_{LA4}/f_{SOL4\#} = \dots = f_{DO4\#}/f_{DO4} = 1.059$$

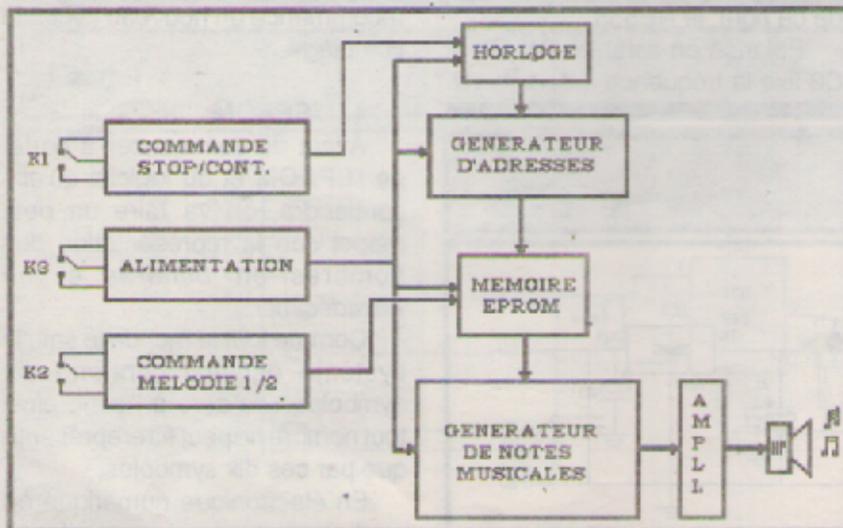
Notons que l'indice écrit à côté de la note nous informe sur son ordre de gravité, ainsi le DO4 est plus grave que le DO5.

Sachant que le Do le plus grave (DO1) est donné par la fréquence de 65,39 Hz et que le DO le plus aigu (DO7) est donné par un signal d'une fréquence de 4185,5Hz, nous pouvons calculer les fréquences de toutes ces notes.

Les notes comprises entre le DO4 et le DO5 sont particulièrement agréables à l'oreille, pour cette simple raison nous les avons choisies dans cette présente application.

Le tableau de la figure 5 nous donne les fréquences de ces notes.

Figure 1: Synoptique.



B- SHEMA FONCTIONNEL:

Deux interrupteurs sont disponibles sur cette carte, l'un «K1» sert à arrêter ou relancer la séquence musicale, quant au deuxième «K2», il sert à sélectionner l'une des deux mélodies enregistrées dans la mémoire EPROM.

Le compteur binaire 4040 est utilisé dans cette réalisation pour générer les adresses allant de «000000000000» jusqu'à «011111111111». Il est incrémenté au rythme d'une horloge, et remis à zéro automatiquement pour

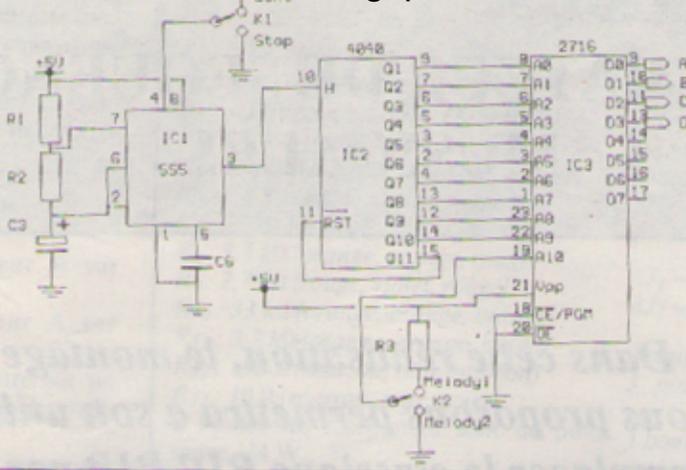


Figure 3

recommencer un nouveau cycle .

Les adresses ainsi générées font défiler les données enregistrées dans l'EPROM. Ces dernières attaquent un décodeur qui fait osciller un astable construit autour d'un NE555. Après amplification du signal issu de cet astable, un haut-parleur nous donne le son correspondant à la note sélectionnée.

C- SCHEMA DE PRINCIPE:
(figure 2 et 3)

1- L'alimentation: (figure 2)

En utilisant un circuit intégré à trois pattes du type 7805, nous avons pu réaliser cette alimentation très simplement, ainsi qu'en témoigne le schéma de la figure.

La tension efficace de 6 volts, prélevée sur le secondaire du transformateur TR, est redressée par le pont formé par D1 à D4, puis

filtrée par le condensateur électrochimique C1. Le circuit intégré IC9 se charge entièrement du reste qui n'est autre que la régulation.

Il faut, toutefois, prévoir un condensateur de découplage C2 sur la partie régulée, pour améliorer la réponse en courant de cette alimentation.

La diode D5 protège le régulateur 7805 contre le court-circuit de l'entrée.

Un interrupteur K3 sert à régénérer un nouveau cycle quand il est mis sur OFF puis sur ON.

2- L'horloge:

La pièce maîtresse de cette horloge est un circuit intégré très connu par tout électronicien digne de ce nom: le NE555.

Polarisé en astable, R1, R2 et C3 fixe la fréquence à deux hertz.

La borne 4 de IC1, qui n'est autre que l'entrée RESET, est soit à la masse (K1 sur STOP) ce qui provoque le blocage de l'astable, soit à +Vcc (K1 sur CONTINUE) et dans ce cas l'astable est en fonctionnement normal.

3- Générateur d'adresse: (figure3)

Le circuit intégré CD4040 est un compteur 11 étages (sorties: Q1, Q2, ...Q11). La sortie Q11 est reliée à l'entrée à l'entrée RESET, ainsi dès que cette sortie est mise à un, le compteur passe à zéro. Donc le compteur augmentera de zéro jusqu'à atteindre la valeur «10000000000», où Q11 vaut un. A cette instant ce même compteur est forcé à zéro, et de ce fait recommence un nouveau cycle de comptage.

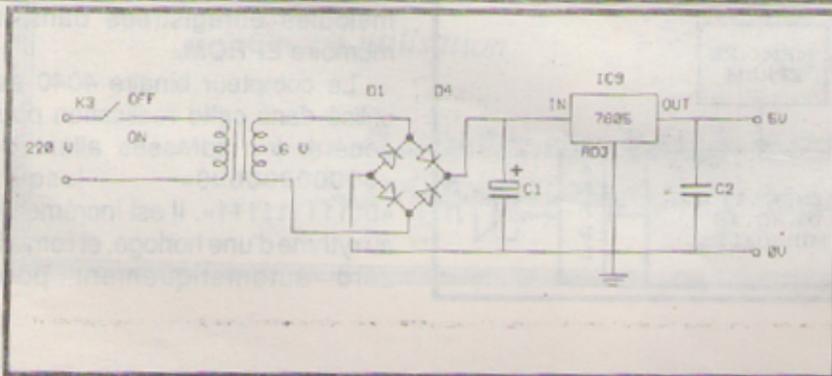
4- L'EPROM:

Avant de commencer à parler de l'EPROM et du logiciel qu'elle contiendra, on va faire un petit rappel sur la représentation des nombres en *binaires* et en *hexadécimal*.

Comme tout le monde le sait, le système décimal contient dix symboles «de zéro à neuf», ainsi tout nombre ne peut être représenté que par ces dix symboles.

En électronique numérique on ne dispose que de deux symboles «le *un* et le *zéro*» qui correspondent

Figure 2



respectivement à un courant qui passe ou qui ne passe pas.

Pour le décimal, tout nombre peut être écrit sous la forme:

$$(N)_{10} = a_0 \times 10^0 + a_1 \times 10^1 + a_2 \times 10^2 + a_3 \times 10^3 + \dots$$

$$(N)_{10} = a_0 + a_1 \times 10 + a_2 \times 100 + a_3 \times 1000 + \dots$$

En binaire il est représenté:

$$(N)_2 = b_0 \times 2^0 + b_1 \times 2^1 + b_2 \times 2^2 + b_3 \times 2^3 + \dots$$

$$(N)_2 = b_0 + b_1 \times 2 + b_2 \times 4 + b_3 \times 8 + \dots$$

Pour faciliter la compréhension de cette nouvelle codification nous prendrons comme exemple le nombre «156», pris au hasard, que l'on exprimera en décimal puis en binaire.

En décimal:

$$(156)_{10} = 6 \times 10 + 5 \times 100 + 1 \times 1000$$

Pour ce qui concerne le binaire, on commencera par calculer quelques puissances de deux:

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2^9 | 2^8 | 2^7 | 2^6 | 2^5 | 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 |
| 512 | 256 | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |

Donc on voit que:

$$(156)_{10} = 128 + 16 + 8 + 4$$

$$(156)_{10} = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

$$\text{D'où: } (156)_{10} = (10011100)_2$$

On dira que ce nombre s'écrit en binaire sur huit bits ou encore sur une octet.

De cette manière on aura défini le bit comme l'unité d'information la

plus petite en information binaire.

Pour ce qui concerne la représentation en hexadécimal on se passera de démonstrations qui sont plus ou moins fastidieuses et on se contentera de vous donner la méthode de conversion binaire/hexadécimal, et vis versa.

En hexadécimal les symboles utilisés, comme vous l'avez deviné, sont du nombre de seize: «le 0, 1, 2, ..., 9, A, B, C, D, E et F». Les symboles «A, B jusqu'à F» correspondent respectivement aux quantités «10, 11 jusqu'à 15».

Pour convertir un nombre binaire en hexadécimal on commence par le décomposer en nombre de quatre bits chacun en commençant évidemment par la droite, puis de convertir chaque quarté en son équivalent hexadécimal.

Si on prend l'exemple proposé

antérieurement, on aura:

$$(156)_{10} = (1001\ 1100)_{16}$$

le premier quarté donne:

$$(1100)_2 = (1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0)_{10}$$

$$(1100)_2 = (12)_{10}$$

$$(1100)_2 = (C)_{\text{Hexadécimal}}$$

le deuxième quarté donne de la même façon:

$$(1001)_2 = (9)_{16}$$

$$\text{d'où: } (1001\ 1100)_{16} = (9C)_{16}$$

Après ce bref rappel nous revenons à l'étude de notre réalisation.

Pour pouvoir adresser l'ensemble de ces mots, cette mémoire dispose de onze lignes d'adresses A0, A1, ..., A10.

En faisant varier les états de ces lignes de $(000)_{16}$ à $(7FF)_{16}$ les données mémorisés sont disponibles sur le bus de données O0 à O7.

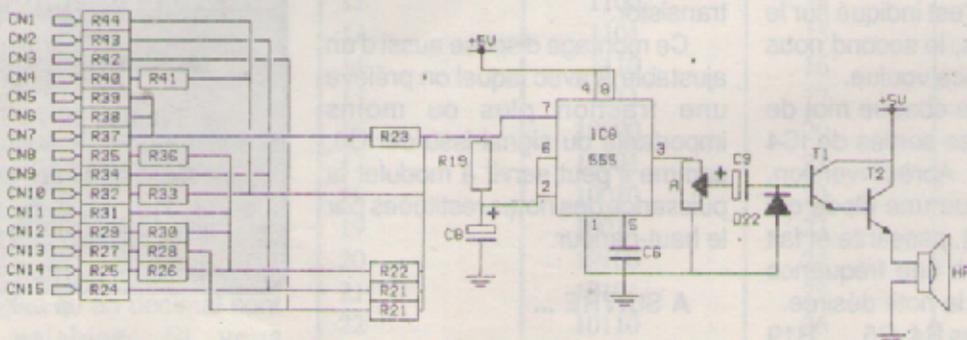
On divise tout cet espace mémoire en deux parties identiques de 1K mots chacun. La première partie commence de l'adresse $(000)_{16}$ et termine à l'adresse $(3FF)_{16}$, quant à la deuxième partie elle contient tout les mots dont l'adresse est comprise entre $(700)_{16}$ et $(7FF)_{16}$.

Le découpage de cet espace mémoire a été réalisé en reliant A10 à un interrupteur, grâce auquel, cette ligne est mise soit à zéro soit à un, sélectionnant respectivement la première mélodie ou la deuxième, sachant que la première zone mémoire contiendra «la mélodie 1», le second «la mélodie 2».

Logiciel:

Comme ça a déjà été dit chaque mot de cette EPROM contient huit bits, avec ces huit bits on peut former 2^8 combinaisons possibles, donc 256 codes différents. Chaque code pourrait correspondre à une note musicale bien précise, mais comme on ne va utiliser que 15 notes plus un silence, on n'aura

Figure 4



| Notes | i | fi(Hz) | xi (KOhms) exactes | Xi (KOhms) normalisées | Mot (binaire) (code de la note) | Mot (Hexa.) |
|---------|----|---------|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------|
| DO4 | 1 | 523,19 | 207,050 | 200+6,8 | 0000.0000 | 00 |
| DO4# | 2 | 554,30 | 119,725 | 100+91+1 | 0000.0001 | 01 |
| RE4 | 3 | 587,26 | 117,260 | 100+75+2,2 | 0000.0010 | 02 |
| RE4# | 4 | 622,18 | 163,607 | 150+12+1 | 0000.0011 | 03 |
| MI4 | 5 | 659,17 | 150,722 | 150+1 | 0000.0100 | 04 |
| FA4 | 6 | 698,37 | 138,557 | 120+18 | 0000.0101 | 05 |
| FA4# | 7 | 739,90 | 127,076 | 120+6,8 | 0000.0110 | 06 |
| SOL4 | 8 | 783,89 | 116,241 | 100+15+1 | 0000.0111 | 07 |
| SOL4# | 9 | 830,51 | 106,011 | 100+5,6 | 0000.1000 | 08 |
| LA4 | 10 | 879,89 | 96,357 | 91+5,6 | 0000.1001 | 09 |
| LA4# | 11 | 932,21 | 87,245 | 82+5,6 | 0000.1010 | 0A |
| SI4 | 12 | 987,64 | 78,644 | 75+3,3 | 0000.1011 | 0B |
| DO5 | 13 | 1046,37 | 70,526 | 68+2,2 | 0000.1100 | 0C |
| DO5# | 14 | 1108,59 | 62,863 | 56+6,8 | 0000.1101 | 0D |
| RE5 | 15 | 1174,51 | 55,631 | 56 | 0000.1110 | 0E |
| SILENCE | 16 | / | / | / | 0000.1111 | 0F |

NB:

Les xi sont les valeurs exactes des résistances.

Les Xi sont les valeurs normalisées choisies pour les résistances xi.

Figure 5

besoin que de quatre bits.

5- Générateur de notes musicales: (figure 4)

Le générateur de notes est composé d'un décodeur/démultiplexeur et d'un astable. Le premier circuit sert à décoder les quatre lignes de données D0D1D2D3 issus de l'EPROM contenant le code, ou le numéro de la note, comme c'est indiqué sur le tableau ci-dessus, le second nous délivre la fréquence voulue.

A la lecture de chaque mot de l'EPROM, une des sorties de IC4 est au niveau bas. Après inversion, cette sortie attaque une diode qui devient, de ce fait, passante et fait osciller l'astable à une fréquence qui correspond à la note désirée.

Les résistances R4, R5, ..., R19 servent à adapter les sorties TTL

de IC4 aux entrées CMOS de IC5, IC6 et IC7.

6- Amplification:

Deux transistors T1 et T2 se chargent de l'amplification en courant.

Ces deux transistors, étant montés en Darlington, fournissent un gain en courant égal au produit des deux gains respectifs de chaque transistor.

Ce montage dispose aussi d'un ajustable A avec lequel on prélève une fraction plus ou moins importante du signal issu de IC8, comme il peut servir à moduler la puissance des notes restituées par le haut-parleur.

A SUIVRE ...

TERAHI Med

POUR LA REALISATION
DE VOS

CIRCUITS IMPRIMES

CONTACTEZ:

RAE ELECTRONIQUE

Tel: (02) 79-75-70

Adresse: N°3 Lotissement

Pignodel Bouzaréah Alger

MICROPROCESSEUR A LA LOUPE

Savoir utiliser un microprocesseur revient à savoir le programmer. Or, pour le programmer, vous devez connaître les bases de l'arithmétique et logique binaire...

Après le bref historique que nous avons donné au premier article de «MICROPROCESSEUR A LA LOUPE», nous avons parlé d'un des éléments accompagnant cette puce qui n'était autre que le circuit mémoire. Aujourd'hui, nous ferons un petit rappel sur les bases de *l'arithmétique et logique binaire*.

Contrairement à nous les humains, qui évoluons dans un monde à dix chiffres, le microprocesseur, lui, n'en connaît que deux: le «1» et le «0», d'où le nom de l'arithmétique binaire.

Quoi que cette arithmétique est différente de la notre, elle reste toute aussi performante, et garde la plupart des règles usuelles qu'on nous enseigne à l'école primaire.

Comment fait on pour représenter n'importe quel nombre à l'aide seulement de deux chiffres: le «un» et le «zéro»?

Cette question a du envahir la majorité des esprits de nos lecteurs. Pas de panique! On est là pour répondre à vos questions.

Comme on l'a déjà dit, les mêmes règles qu'en décimal sont toujours valables. Si vous commencez à compter, la quantité

zéro sera symbolisée par «0», que ce soit en binaire, ou en décimal, de même le un par «1»; ce n'est qu'en voulant écrire la quantité deux que

ces deux mode divergent. En décimal un troisième symbole est utilisé le «2», par contre, en binaire vous avez épuisé vos deux

Figure 1

| Décimal | Binaire | Octal | Hexadécimal |
|---------|---------|-------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 10 | 2 | 2 |
| 3 | 11 | 3 | 3 |
| 4 | 100 | 4 | 4 |
| 5 | 101 | 5 | 5 |
| 6 | 110 | 6 | 6 |
| 7 | 111 | 7 | 7 |
| 8 | 1000 | 10 | 8 |
| 9 | 1001 | 11 | 9 |
| 10 | 1010 | 12 | A |
| 11 | 1011 | 13 | B |
| 12 | 1100 | 14 | C |
| 13 | 1101 | 15 | D |
| 14 | 1110 | 16 | E |
| 15 | 1111 | 17 | F |
| 16 | 10000 | 20 | 10 |
| 17 | 10001 | 21 | 11 |
| 18 | 10010 | 22 | 12 |
| 19 | 10011 | 23 | 13 |
| 20 | 10100 | 24 | 14 |
| 21 | 10101 | 25 | 15 |
| 22 | 10110 | 26 | 16 |
| 23 | 10111 | 27 | 17 |

| | |
|--------------------------|---|
| 11110011 | (a) Représentation par un nombre à 8 bits du nombre décimal 243. |
| 011 110 011 | (b) Découpe du mot en groupes de 3 bits. Notez qu'on a ajouté un zéro en tête du nombre de façon à avoir partout des groupes de trois bits. |
| 3 6 3 = 363 ₈ | (c) Expression du nombre binaire en octal. |
| 1111 0011 | (d) Découpe du mot en groupes de 4 bits. |
| F 3 = F3 ₁₆ | (e) Expression du nombre binaire en hexadécimal. |

Figure 2: conversion d'un nombre binaire en octal ou en hexadécimal

symboles disponibles.

Qu'à cela ne tienne, il suffit, comme on le fait en numérotation décimale lorsqu'on passe de neuf à dix, de créer une nouvelle colonne à gauche de la précédente. Ainsi la quantité deux s'écrit en binaire «10» et le trois «11». A nouveau il vous faut créer une troisième colonne pour représenter le quatre, ce qui donne «100», ainsi de suite jusqu'au sept qui s'écrit «111». Une fois de plus il vous faudra créer une autre colonne. Le tableau de la figure 1 récapitule le principe de comptage en binaire et donne une comparaison avec le décimal.

Sur la troisième et quatrième colonne de ce tableau, vous remarquerez d'autres bases de numérotation: **l'octal** et **l'hexadécimal**. L'octal est un système de numérotation à base huit, c'est à dire qu'il comporte huit chiffres: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 et le 7. L'hexadécimal de son côté, comporte seize symboles différents alliant à la fois chiffres et lettres: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E et F.

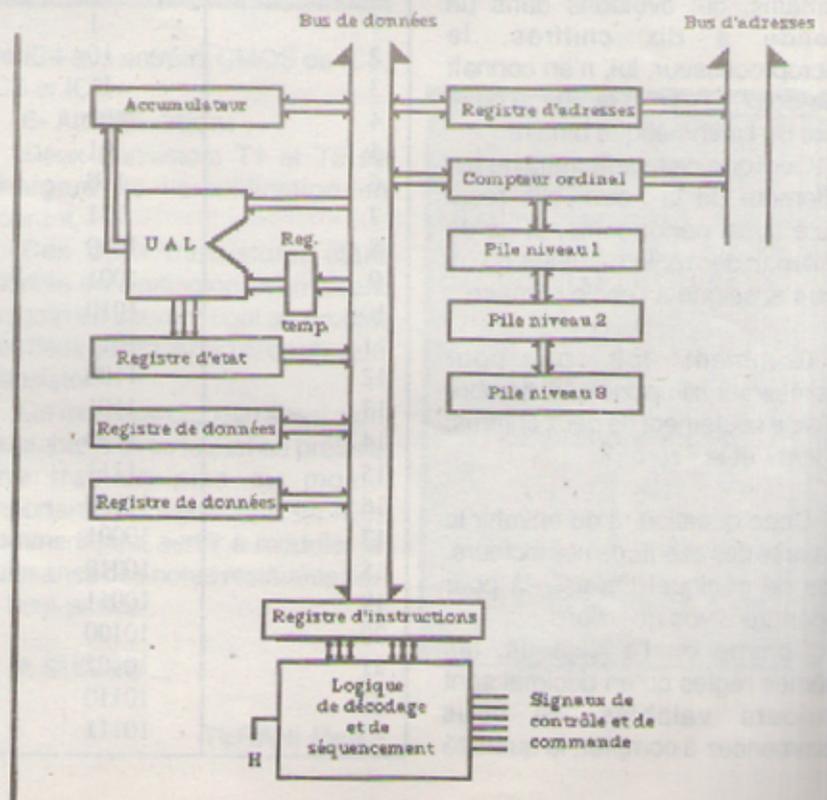
Vous devez sûrement vous poser la question pourquoi des systèmes de numérotation comme l'octal ou l'hexadécimal sont évoqués, alors que les microprocesseurs ne travaillent qu'en binaire? Cela tient au fait que ces deux systèmes de numérotation autorisent une simplification dans la représentation des nombres

binaires. Pour mieux saisir cette idée, reportez-vous à la figure 2. Au (a) de cette figure, vous allez trouver la représentation binaire du nombre décimal 243, ceci n'est qu'une valeur prise au hasard, mais qui peut très bien correspondre dans la réalité à une instruction pour le microprocesseur ou à la valeur d'une donnée à stocker en mémoire. Quel qu'il soit, ce mot comprend huit bits

et il n'est pas facile de s'en souvenir. Par contre, si un tel mot est exprimé en octal ou en hexadécimal, il sera très facile à manipuler, sans pour autant présenter des difficultés de conversion, car ces deux systèmes de numérotation ont pour base une puissance de 2 ($2^3=8$ et $2^4=16$). Au (b) suivant, le mot binaire est découpé en groupes de trois bits après ajout d'un zéro pour compléter le troisième groupe. Un coup d'oeil au tableau de la figure 1 vous fournit l'équivalent octal de chaque groupe. Remarquez au (c) de la même figure, le huit en indice nous indique que ce nombre est en représentation octal. En (d) et en (e), les mêmes opérations qu'en (b) et (c) sont faites pour obtenir la représentation du même nombre cette fois ci en hexadécimal. Le chemin inverse est emprunté pour passer, que ce soit de l'octal ou de l'hexadécimal, vers le binaire.

Comme vous le voyez, sur la figure 3, la structure interne d'un microprocesseur est composée de plusieurs registres, d'unité

Figure 3



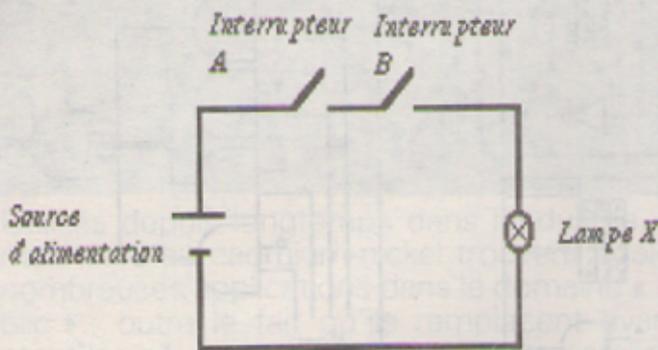


Figure 4

arithmétique et logique et de logique de décodage et de séquençement, c'est pour cette raison qu'avant de nous lancer dans l'étude détaillée des microprocesseurs, nous devons d'abord faire un peu de logique.

Ces circuits électriques peuvent être regroupés en deux groupes: les circuits combinatoires et les circuits séquentiels. Dans le cas de la logique combinatoire, une fonction donnée est exécutée chaque fois qu'un ensemble de conditions est réuni, et maintenu tant que ces conditions demeurent. Considérons, par exemple, un interrupteur d'allumage/extinction d'un de nos appareils électroménagers, cet organe de commande peut prendre deux états stables: ouvert ou fermé. L'allumage de l'appareil en question, n'est exécuté que si l'interrupteur est maintenu dans la position fermé et ne s'éteint que lorsque ce même interrupteur est maintenu dans l'état ouvert.

A l'opposé de la logique combinatoire, la logique séquentielle fait intervenir le facteur temps pour l'exécution ou non d'une fonction bien déterminée. Pour reprendre la même type d'analogie que précédemment, considérons une commande d'éclairage par bouton-poussoir. Quand nous appuyons, une première fois, sur un bouton-poussoir, la lampe s'allume et reste allumée même après avoir enlevé son doigt.

L'appuie une deuxième fois sur ce même bouton la met en état d'extinction. Donc dans ce deuxième cas l'appuie sur un bouton inverse l'état actuel de la lampe, d'où l'intervention du facteur temps. Donc nous pouvons dire que dans la logique séquentielle les sorties dépendent des entrées et de l'état précédente des fonctions ou des sorties.

La logique combinatoire:

Une des caractéristique de l'électronique numérique de base est sa simplicité vu que toute les grandeurs traitées ne peuvent prendre que deux valeurs distinctes le «1» et le «0» (contrairement à l'électronique analogique) et vu qu'il n'existe que trois circuits élémentaire: le ET, le OU et le NON, les autres circuits rencontrés n'étant que des variantes de ces trois circuits de base.

La porte ET:

Le terme *porte ET* provient du fait que plusieurs signaux sont présents comme entrées et qu'une sortie est disponible. L'état de cette sortie est au niveau haut si et seulement si toutes ces entrées sont au niveau haut elles aussi. Si une ou plusieurs entrées sont à l'état bas la sortie elle aussi passe à zéro (état bas). L'exemple électrique de la figure 4 illustre cette importante notion de logique. L'allumage ou l'extinction de la lampe X symbolise la fonction

logique ET. Les interrupteurs A et B représente les variables d'entrées. La lampe X s'allume lorsque l'interrupteur A et B sont tous les deux fermés, autorisant ainsi le courant à circuler dans ce circuit. Si un de ces deux interrupteurs passe à l'état ouvert la lampe s'éteint instantanément.

On sait réaliser de telles fonctions à l'aide de circuits intégrés qui rassemblent en un seul support et dans un seul boîtier très petit une grande quantité de composants. Plutôt que de dessiner le schéma électrique des composants relatifs à la fonction logique, solution qui complique inutilement la tâche de l'utilisateur, il a été défini un certain nombre de *symboles logiques* pour désigner chaque fonction. C'est ainsi qu'à la figure 5 vous pouvez découvrir les symboles américains des différentes portes logiques.

En analysant le symbole de la porte ET vous remarquerez que celle-ci comporte deux entrées notées A et B, et une sortie X. Vous verrez aussi l'équation qui accompagne cette porte: $X=A.B$, cette équation est écrite en «algèbre booléenne» (du nom de son inventeur) stipule que la sortie est vraie (vaut «1») lorsque et uniquement lorsque, les entrées A et B sont vraies (valent «1»). Le point entre le A et le B symbolise la fonction ET. L'équation doit se lire: «X égal A ET B». Un tableau appelé «table de vérité» peut accompagner ce symbole, elle représente l'état de la sortie en fonction des différentes entrées (un «1» représente un niveau haut, un «0» représente un niveau bas).

En pratique des portes logiques de deux, trois, quatre et huit entrées existent.

La porte OU:

Comme son nom l'indique, il suffit qu'une seule entrée de cette porte soit à «1» (état haut) pour que sa sortie soit à l'état haut.

Pour que la lampe X de la figure 6 s'allume il suffit qu'un seul de ces interrupteurs A ou B soit fermé. La figure 5, donne le symbole de la

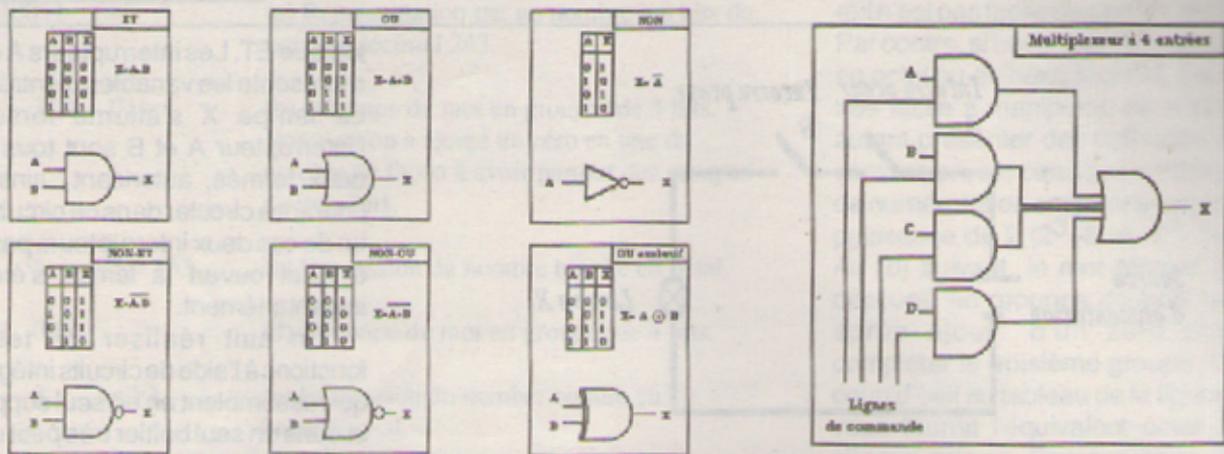


Figure 5

porte OU, son équation booléenne, ainsi que sa table de vérité.

L'inverseur NON:

La troisième fonction logique de base est réalisée par la porte inverseur NON. Cette porte délivre une sortie qui est inverse de signal présent à son entrée. Ainsi un «1» à son entrée est converti en un «0» à sa sortie, et vice versa (voir figure 5).

Remarquez qu'en algèbre de boole l'inverseur est représenté par une barre au dessus du lettre désignant l'entrée. Ainsi la lecture de cette équation donne: X égale A barre. Cette lecture veut dire que la sortie X est égale au complément (l'inverse) de l'entrée A.

Vous venez de découvrir les fonctions de base de l'électronique numérique. En les combinant différemment, on en obtient d'autres, de plus en plus élaborées, qui entreront dans la structure des différents circuits du microprocesseur. Ce seront: la porte ET-NON, la porte OU-NON, le décodeur ou démultiplexeur, le multiplexeur et les portes OU et OU-NON exclusifs.

La porte ET-NON:

Comme son nom l'indique cette porte n'est autre que la mise en cascade des deux portes ET et inverseuse NON. Sa représentation symbolique, sa table de vérité ainsi

que son équation booléenne sont donnés à la figure 5.

La porte OU-NON:

Comme vous l'avez sûrement deviné, cette porte est le résultat de la mise en cascade d'une porte OU avec un inverseur (porte NON). (voir figure 5).

Le décodeur:

Ce circuit est lui aussi très répondu et très utilisé, et fait parti de la structure interne d'un microprocesseur. Il permet de sélectionner, entre autre, une adresse précise de mémoire parmi un lot important d'adresses différentes (comme nous l'avons déjà vu dans l'article du mois passé concentré sur les mémoires).

Le multiplexeur:

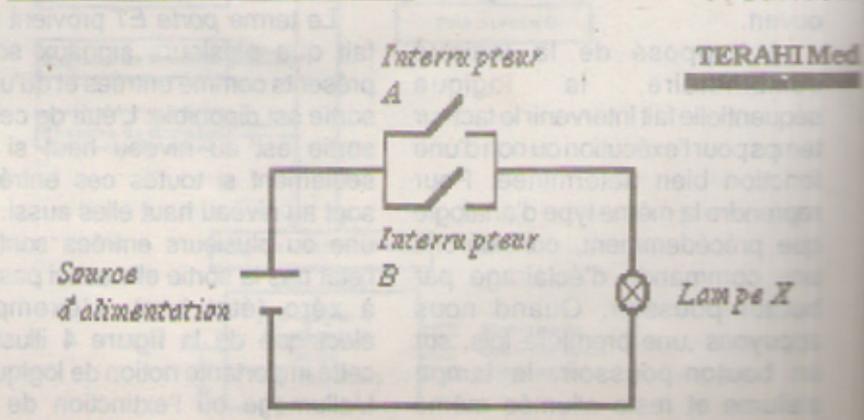
Un autre circuit très employé, lui aussi, dans les microprocesseurs. Son rôle est d'aiguiller un des plusieurs signaux présent aux entrées vers une unique sortie. C'est, à quelque chose près, un circuit qui réalise la fonction inverse de celle d'un décodeur.

Le OU exclusif:

En vous reportant à la figure 5, vous remarquerez que la seule différence entre cette fonction et le OU simple réside dans la quatrième combinaison de sa table de vérité. Dans le cas du OU exclusif la fonction X de celle-ci vaut zéro (niveau bas) contrairement au OU simple, d'où le nom du OU exclusif.

Avec cette porte nous fermons le portail pour le ré-ouvrir le mois prochain sur la logique séquentielle...

Figure 6



A suivre...

TERAHI Med

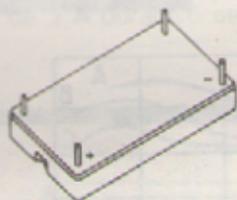
UTILISATION DES ACCUMULATEURS AU CADMIUM-NICKEL

Utilisés depuis longtemps dans l'industrie, les accumulateurs au cadmium-nickel trouvent également de nombreuses applications dans le domaine « grand public » ; outre le fait qu'ils remplacent avantageusement les piles des jouets ou petits appareils audio, ils peuvent aussi bien servir dans l'atelier de l'électronicien amateur.

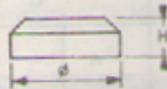
CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Leurs formes sont variées. Il y a bien sûr les trois dimensions des piles R6, R14 et R20 et celles des piles 9 V miniatures, permettant le remplacement de ces éléments par des accu dans la plupart des petits appareils « grand public » (fig. 1).

Il existe aussi des batteries formées de ces éléments, des modules rectangulaires à souder directement sur circuit imprimé, des éléments « bouton » de différents diamètres et hauteurs. Ces derniers modèles restent plutôt réservés au domaine industriel.

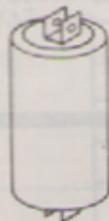


Module d'accu à souder
Tension: 2,4V à 7,2V
Capacité: 40 à 220mAh

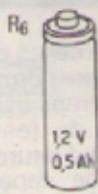


Accu "bouton"
élément de 1,2 V

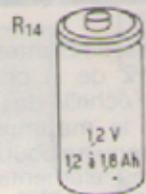
| | | |
|------|-----|----------|
| 15,7 | 6 | 40 mAh |
| 23 | 5,5 | 0,1 Ah |
| 25,1 | 7,8 | 0,22 Ah |
| 34,7 | 5,5 | 0,3 Ah |
| 34,7 | 9,8 | 0,6 Ah |
| d | H | Capacité |



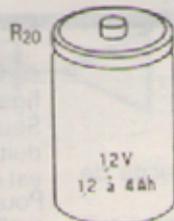
Batterie d'accu
"Bouton"
Tension suivant
nombre d'accu empli.



R6
12V
0,5Ah
d = 14mm
L = 50mm



R14
12V
1,2 à 1,8Ah
d = 25,2mm
L = 50mm



R20
12V
1,2 à 4Ah
d = 32,2mm
L = 60,3mm



9V
50 à 100mAh

CARACTERISTIQUES DE CHARGE

• Charge normale :

$$I_c = \frac{\text{I capacité}}{10}$$

(exemple : pour une capacité de 1,2 Ah → $I_c = 120$ mA)

La figure 2 donne la tension aux bornes d'un élément de 1,2 V en fonction du temps de charge pour trois températures : courbe A à 0 °C, courbe B à + 20 °C, courbe C à + 40 °C. L'allure de la courbe reste à peu près identique pour des éléments de série standard, ayant des capacités de 0,5 à 4 Ah. On voit que la tension baisse lorsque la température croît.

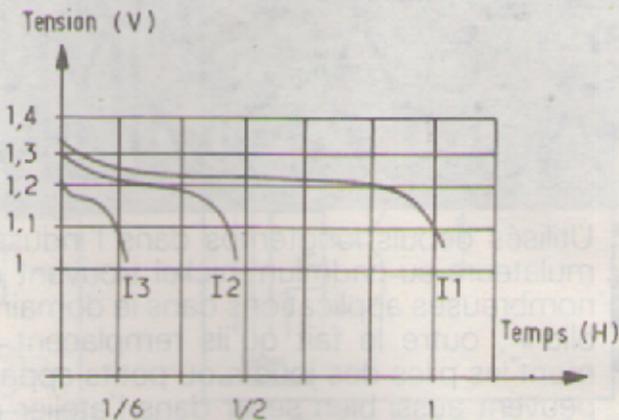
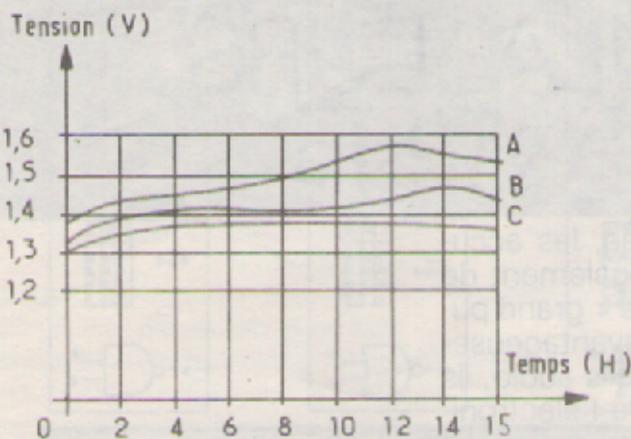
A 20 °C, la tension maximale est obtenue au bout de 14 heures de charge ; ensuite, la tension redescend avant de se stabiliser. La « crête » de tension qui apparaît peut être exploitée pour un

1

Des séries de diverses formes d'accumulateurs.

2 Charge normale.

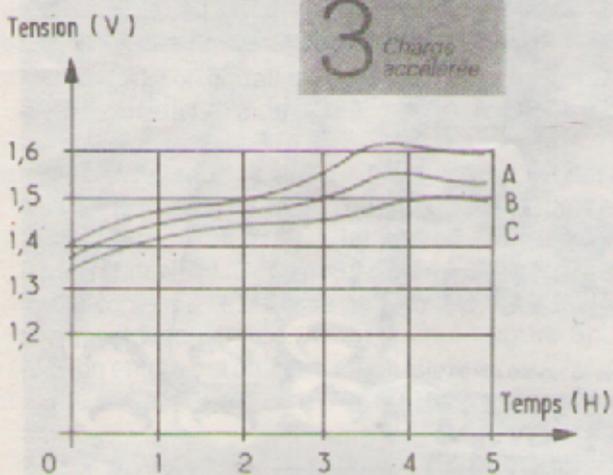
5 Décharge rapide.



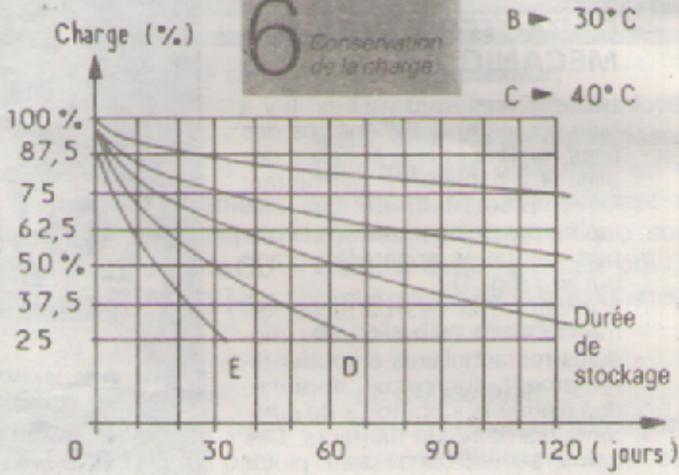
A → 20 °C

B → 30 °C

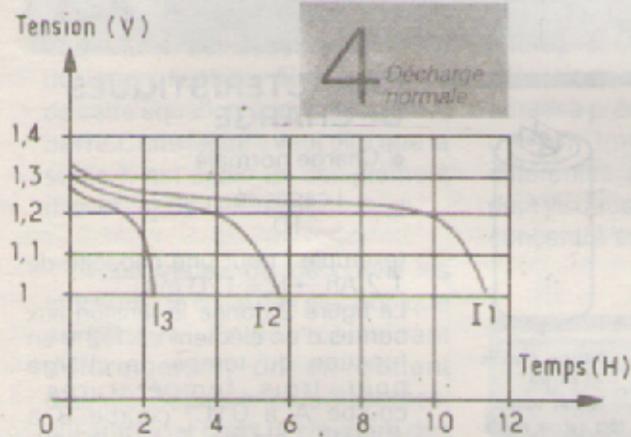
C → 40 °C



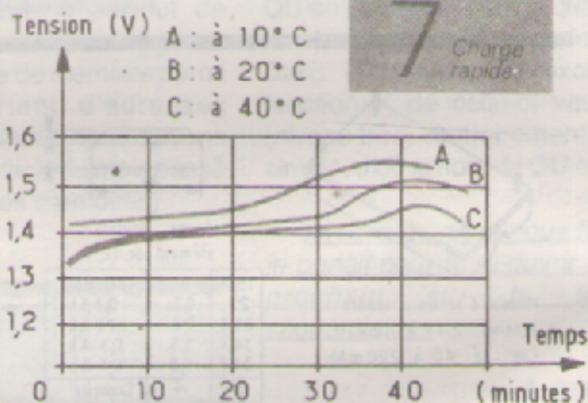
3 Charge accélérée



6 Conservation de la charge



4 Décharge normale



7 Charge rapide

A : à 10 °C
B : à 20 °C
C : à 40 °C

arrêt automatique en fin de charge, notamment pour des chargeurs rapides. En charge normale, cette détection peut être gênée si la température est élevée ; sur la courbe C à + 40 °C, on voit en effet que cette bosse n'apparaît plus. Les graphes correspondent aux accus de la série standard Saft VR023

● Chargé accélérée :

$$I_c = 3 \frac{I_{cap}}{10}$$

(exemple : pour une capacité de 1,2 Ah → $I_c = 360$ mA)

La figure 3 montre la tension aux bornes d'un élément de 1,2 V chargé ainsi. Courbe A à + 10 °C, courbe B à + 20 °C, courbe C à + 40 °C. Les allures

sont ressemblantes à celles de la figure 2 de la charge normale. Seule l'échelle des temps est réduite : le maximum de tension est obtenu au bout de 4 heures.

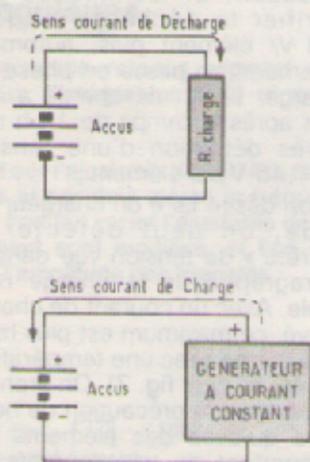
Pour les éléments de capacité > 2 Ah, on prendra $I_c = I_{cap}/5$ durant un temps de 6 heures.

● Charge rapide :

$I_c = I_{cap}$ (exemple : pour une capacité de 4 Ah → $I_c = 4$ A).

8

Sens des courants de charge et de décharge



Le temps de charge est alors de 40 minutes environ (fig. 7). Mais attention, tous les accus ne supportent pas des courants de charge aussi forts, il ne faut le faire qu'avec des éléments prévus à cet effet. Exemple série VE 026 de Saft.

● Charge ultrarapide :

$$I_c = 10 I_{cap}$$

Pour le domaine grand public ce mode de charge est à proscrire. Mais il faut savoir qu'on peut charger certains éléments ainsi, après les avoir préalablement déchargés rapidement. Il faut impérativement limiter la durée, la charge retrouvée en quelques secondes est de l'ordre de 0,1 capacité nominale. (Exemple : un élément « bouton » de la série VB 10 de Saft traversé par un courant de 1 A durant 5 secondes.)

● Charge d'entretien :

$$I_c \approx \frac{I_{cap}}{100}$$

(exemple : pour une capacité de 1,2 Ah, $I_c \approx 12$ mA).

Un accumulateur chargé voit sa charge diminuer très lentement s'il ne débite aucun courant. C'est l'autodécharge. Pour maintenir la charge optimale, il faut fournir un courant « d'entretien » après une charge normale. Ce courant peut aller de 0,005 à 0,01 I_{cap} . Ce courant n'est pas obligatoire car à 20 °C, même après deux mois de repos, un accumulateur possède encore plus de 70 % de sa charge. Pour les applications courantes, on peut s'en passer, mais le prévoir dans la construction d'un appareil ou d'un chargeur est très facile car il est généralement faible.

CARACTERISTIQUES DE DECHARGE

● Décharge normale :

$I_d < 1/2 I_{cap}$ (exemple : pour une capacité de 1,2 Ah, $I_d < 0,6$ A).

La figure 4 donne l'allure des courbes de décharge normale à une température de 20 °C, la courbe I_1 pour $I_d = I_{cap}/10$, I_2 pour $I_d = I_{cap}/5$, I_3 pour $I_d = I_{cap}/2$. L'allure des trois courbes est identique, seul le temps de décharge varie beaucoup. On voit notamment qu'au-dessous de 1,1 V la pente $\Delta U/\Delta T$ augmente rapidement.

● Décharge rapide :

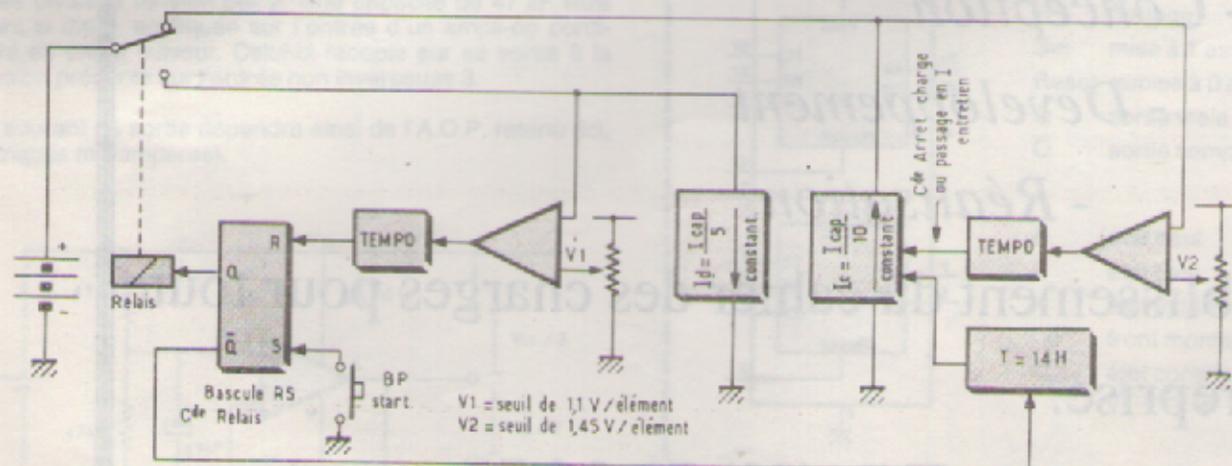
$I_{cap} < I_d < 5 I_{cap}$ (exemple : pour une capacité de 1,2 Ah, 12 A $< I_d < 6$ A).

La figure 5 donne l'allure de la tension aux bornes d'un élément de 1,2 V en fonction du temps, pour une décharge à courant constant. Courbe I_1 pour $I_d = I_{cap}$, I_2 pour $I_d = 2 I_{cap}$, I_3 pour $I_d = 5 I_{cap}$. Les allures sont sensiblement égales à celles de la décharge normale, seule l'échelle des temps a été très réduite.

Certains éléments peuvent fournir des courants encore plus forts ($I_d \approx 10 I_{cap}$) pendant un temps ≈ 5 minutes. Mais attention à ne pratiquer de telle surcharge qu'avec des éléments prévus pour ce type d'utilisation (exemple : série VY025 de Saft). Bien entendu, toutes les courbes de charges sont données pour un courant de charge constant (idem pour les courbes de décharge). Pour ces dernières, il ne faut pas déduire hâtivement des autonomies plus ou moins fantaisistes. En utilisation normale, un courant de décharge n'est qu'exceptionnellement constant. Pour définir une autonomie réelle à partir de ces courbes, il faut connaître au plus juste le courant moyen absorbé. La figure 8 donne le sens des courants dans le cas d'une charge et d'une décharge.

● Durée de vie :

La durée de vie est généralement d'une dizaine d'années, mais elle



9

Synoptique d'un chargeur d'accumulateurs avec temporisation

peut être fonction de l'utilisation, des conditions de température du nombre de cycles de charge/décharge, de la profondeur de décharge.

Profondeur de décharge :

$$P = \frac{\text{capacité déchargée}}{\text{capacité nominale}}$$

avec $P = 100\%$, on peut avoir jusqu'à 500 cycles charge/ décharge ;

avec $P = 50\%$, on peut avoir jusqu'à 2 000 cycles charge/ décharge ;

ceci suivant le type de l'élément. La conservation de charge est fonction de la température ; elle est d'autant meilleure que la température est basse. La **figure 6** donne la conservation de la charge en fonction du temps à 5 températures différentes, pour un élément de 1,2 V de 4 Ah (de la série VR 033 de Saft). Courbe A pour $+20^{\circ}\text{C}$, et par bonds de $+10^{\circ}\text{C}$ jusqu'à la courbe E pour $+60^{\circ}\text{C}$. On voit qu'entre 20 et 30°C , la charge est encore supérieure à 50% après 4 mois de repos !

VALEUR LIMITE EN CHARGE ET DECHARGE

En charge, il faut veiller à ce que la tension d'un élément ne dépasse jamais 1,55 V. Pour les séries standards et à 20°C , on prendra un seuil de 1,45 V/élément. Pour une limitation de temps, on prendra $T_{\text{max}} = 14\text{ h}$ pour une charge normale. Dans le cas de batteries constituées de plusieurs éléments de 1,2 V, on adaptera le seuil de tension. Exemple : pour une batterie de 10 éléments ($= 12\text{ V}$), le seuil $\text{max } U = 14,5\text{ V}$.

Pour la décharge, il est conseillé de ne pas faire chuter la tension d'un élément en dessous de 0,8 V. Un chargeur automatique, de charge normale à 70°C , peut être fait ainsi : s'assurer d'une décharge jusqu'à 1,1 V par élément, puis charger pendant 14 h à $I_c = I_{\text{cap}}/10$ avec une précaution de seuil max de tension à 1,45 V/élément.

La **figure 9** présente un synoptique simple d'un tel type de char-

geur : après appui sur le bouton-poussoir, on commence par vérifier la décharge jusqu'à 1,1 V/élément puis, automatiquement, on passe en phase de charge. La fin de charge a lieu soit après le temps de 14 h soit après détection d'une tension $> 1,45\text{ V}$ par élément.

Si on désire faire un chargeur rapide, on peut détecter la « crête » de tension vue dans le paragraphe de la charge normale. Avec un courant de charge élevé, ce maximum est plus marqué même avec une température de 40°C (voir **fig. 7**). On prendra cependant la précaution de ne le faire qu'avec des éléments qui supportent de tels courants de charge, et en vérifiant au préalable que l'accu est suffisamment déchargé pour que, en charge, cette « crête » apparaisse.

Voilà donc quelques mises au point sur les accumulateurs au cadmium-nickel qui permettront de mieux les connaître, pour une utilisation optimale de leurs possibilités.

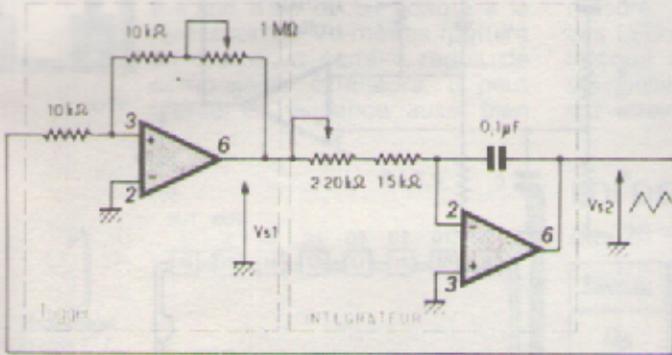
OSCILLATEUR

E.P.

Générateur de signaux carrés et triangulaires

La configuration retenue reprend deux montages fondamentaux, l'intégrateur et le trigger, bouclés sur eux-mêmes.

En jouant sur l'ajustable de 220 kΩ, on modifie la constante de temps et par-delà même la fréquence des signaux de sortie. Si l'on fait varier l'ajustable de 1 MΩ, les niveaux de basculement sont modifiés, et l'on agit alors principalement sur l'amplitude des triangles.



A.O.P.

E.P.

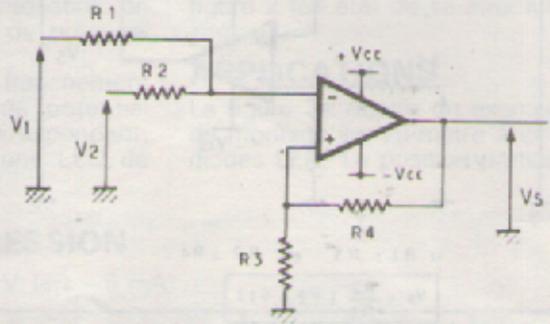
Montage additionneur non inverseur

Ce sommateur voit son nombre d'entrées limité à deux. Le signal de sortie possède le même signe (même polarité) que celui d'entrée.

Si $R_1 = R_2$, le coefficient multiplicateur vaudra :

$$\frac{R_3 + R_4}{2 R_3}$$

Si $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$, V_s sera égal à $V_1 + V_2$



$$V_s = \frac{V_1 \cdot R_2 + V_2 \cdot R_1}{R_1 + R_2} \times \frac{R_3 + R_4}{R_3}$$

si $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 \Rightarrow V_s = V_1 + V_2$

ALIMENTATION

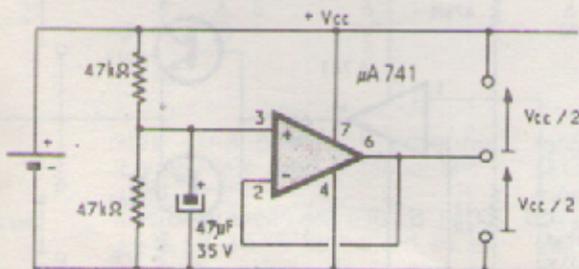
E.P.

Création d'une alimentation symétrique à faible débit

Le besoin de disposer d'une alimentation symétrique se fait souvent sentir, surtout lorsque l'on met en œuvre des A.O.P. Le schéma propose d'en recréer une à partir d'une tension unique :

Un pont composé de deux résistances de valeurs identiques divise la tension par 2. Une capacité de 47 μF filtre alors la d.d.p. appliquée sur l'entrée d'un ampli-op configuré en étage suiveur. Celui-ci recopie sur sa sortie 6 la tension présente sur l'entrée non inverseuse 3.

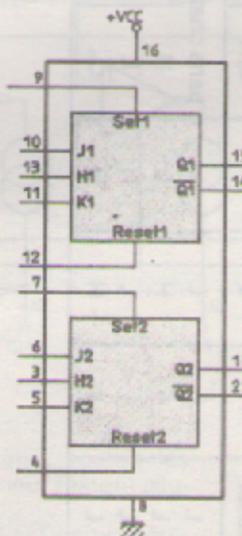
Le courant de sortie dépendra ainsi de l'A.O.P. retenu (ici, quelques milliampères).



LOGIQUE

E.P.

Double bascule J-K - CMOS 4027

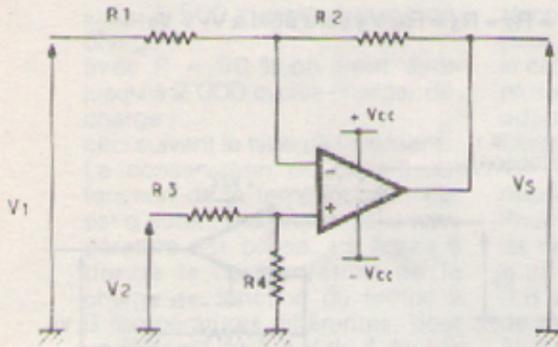


- J et K entrées synchrones
- H horloge
- Set mise à 1 asynchrone
- Reset remise à 0 asynchrone
- Q sortie vraie
- Q-bar sortie complémentaire

- H état haut
- L état bas
- X état indifférent
- ↑ front montant
- Q_{n+1} état consécutif à la montée de l'horloge

Montage soustracteur

Un tel montage réalise la soustraction des deux signaux V_1 et V_2 appliqués sur les entrées. Son nombre d'entrées est réduit à deux.



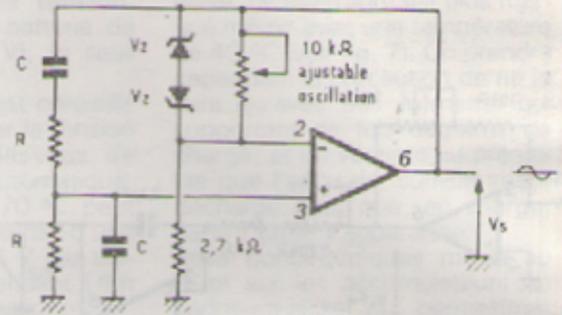
si $R1 = R3$ et $R2 = R4$

$$V_s = \frac{R2}{R1} (V_2 - V_1)$$

Générateur de signaux sinusoïdaux

Le fonctionnement repose sur l'utilisation d'une cellule de WIEN, composée d'un réseau R.C parallèle, en série avec un réseau R.C série.

Pour qu'il y ait oscillation, le gain doit nécessairement rester légèrement supérieur à 1. La régulation s'effectue par l'intermédiaire de la résistance dynamique des diodes zener. Le niveau de sortie atteignant $(2 \times V_z) + 1 V$.



Double bascule J-K

| Sorties | | Entrées | | | |
|---------|----|---------|---|---|---|
| | | | | | |
| Q | Q̄ | H | L | H | H |
| H | L | H | L | H | H |
| X | X | X | X | X | X |
| X | X | X | X | X | X |
| X | X | X | X | X | X |
| L | H | L | H | L | H |
| L | H | L | H | L | H |

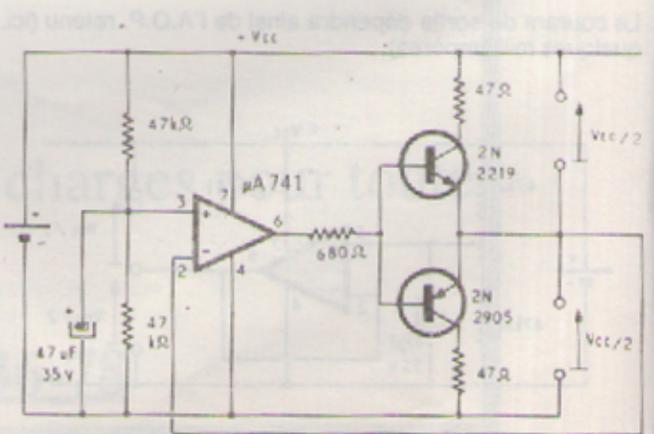
| Sorties | | Entrées | | | |
|------------------|-------------------|---------|---|---|----------------|
| | | | | | |
| Q _{n+1} | Q̄ _{n+1} | H | L | H | Q _n |
| H | L | H | L | H | Q _n |
| L | H | L | H | L | Q _n |
| L | H | L | H | L | Q _n |
| L | H | L | H | L | Q _n |
| L | H | L | H | L | Q _n |
| L | H | L | H | L | Q _n |
| L | H | L | H | L | Q _n |

Création d'une alimentation symétrique

Un étage de puissance vient compléter le schéma du recto. Celui-ci se compose d'une paire de transistors complémentaires, augmentant la puissance de l'alimentation.

Une résistance de 680 Ω s'insère dans le circuit des bases, éliminant les oscillations parasites des transistors. Des résistances de 50 Ω limitent le courant de sortie, et protègent ainsi l'ensemble, des surcharges.

A noter que la contre-réaction de l'A.O.P. s'opère à partir des émetteurs des transistors, donc de la sortie.



LES CIRCUITS INTEGRES JAPONAIS : LE LB1405, 1415



PHYSIONOMIE GENERALE

Il s'agit d'un circuit adapté à la réalisation de Vu-mètres mettant en œuvre un nombre réduit de composants extérieurs. Il peut mettre en évidence aussi bien

loi de progressivité de l'allumage des cinq LED de signalisation, en fonction du niveau de potentiel mesuré.

Les LED s'allument franchement lorsque le niveau de potentiel auxquelles elles correspondent, est atteint. Lorsqu'une LED de

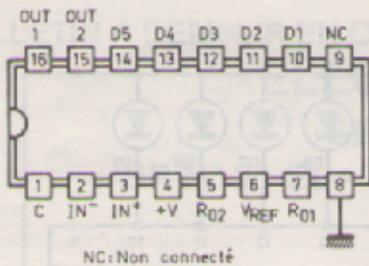
sente son brochage tandis que la figure 2 fait état de sa structure interne.

APPLICATIONS

La figure 3a illustre un exemple de montage en Vu-mètre à cinq diodes LED. La position particu-

1

Brochage commun des C.I.



NC: Non connecté

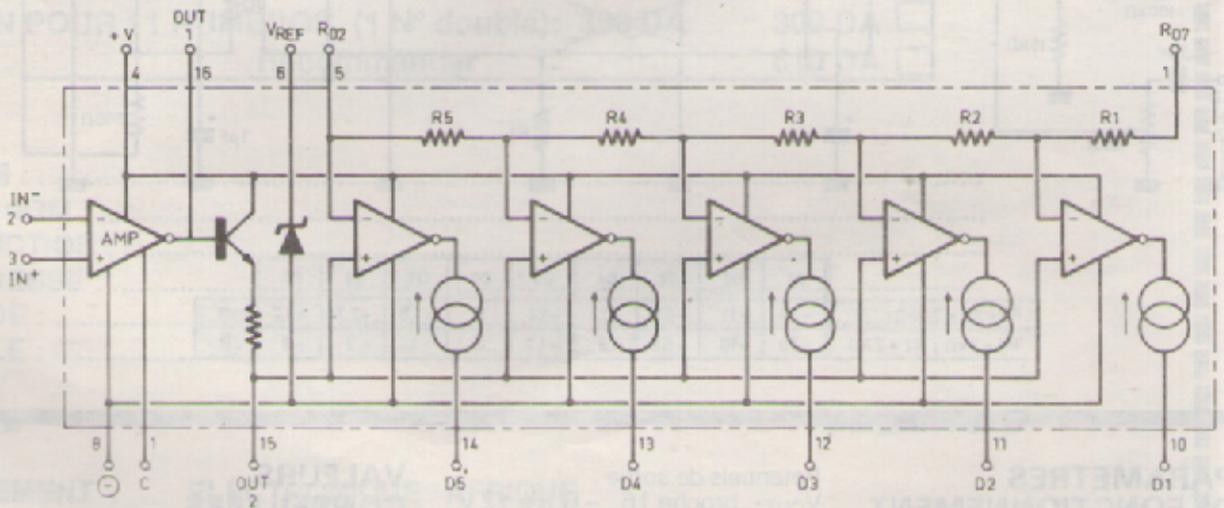
LOI DE PROGRESSION

(T = 25 °C, V_{CC} = 6 V, I_{REF} = 5 mA)

| Niveau | Broche | Condition | LB 1405 | LB 1415 | Unité |
|--------|--------|---|---------|---------|-------|
| D5 | 14 | V _{R02} = 3 V, R ₀₁ = 0 V | 2 | 6 | dB |
| D4 | 13 | - | 0 | 3 | dB |
| D3 | 12 | - | - 3 | 0 | dB |
| D2 | 11 | - | - 7 | - 5 | dB |
| D1 | 10 | - | - 15 | - 10 | dB |

2

Structure interne.



des variations d'un potentiel continu que d'un potentiel alternatif.

Les différences entre le LB 1405 et le LB 1415 se situent seulement au niveau de la plus ou moins grande linéarité des courbes de réponse, c'est-à-dire de la

rang « n » s'allume, toutes les LED de rang inférieur restent allumées.

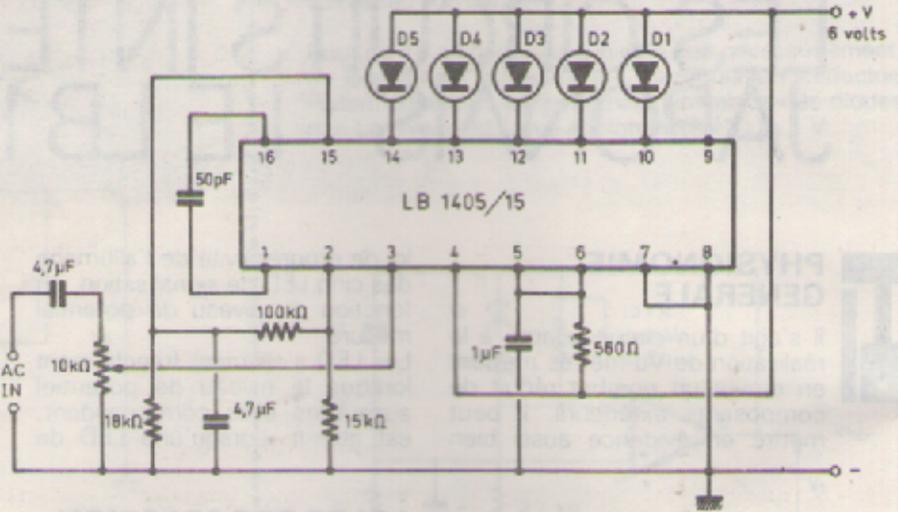
Ce circuit intégré est particulièrement bien adapté à l'exploration d'un large champ de variation. Il comporte un amplificateur de potentiel intégré. La figure 1 repré-

| | LB 1405 | LB 1415 |
|----|---------|---------|
| R1 | 1,8 kΩ | 2,05 kΩ |
| R2 | 2,7 kΩ | 1,6 kΩ |
| R3 | 2,7 kΩ | 2,85 kΩ |
| R4 | 3 kΩ | 2,7 kΩ |
| R5 | 2,7 kΩ | 3,8 kΩ |

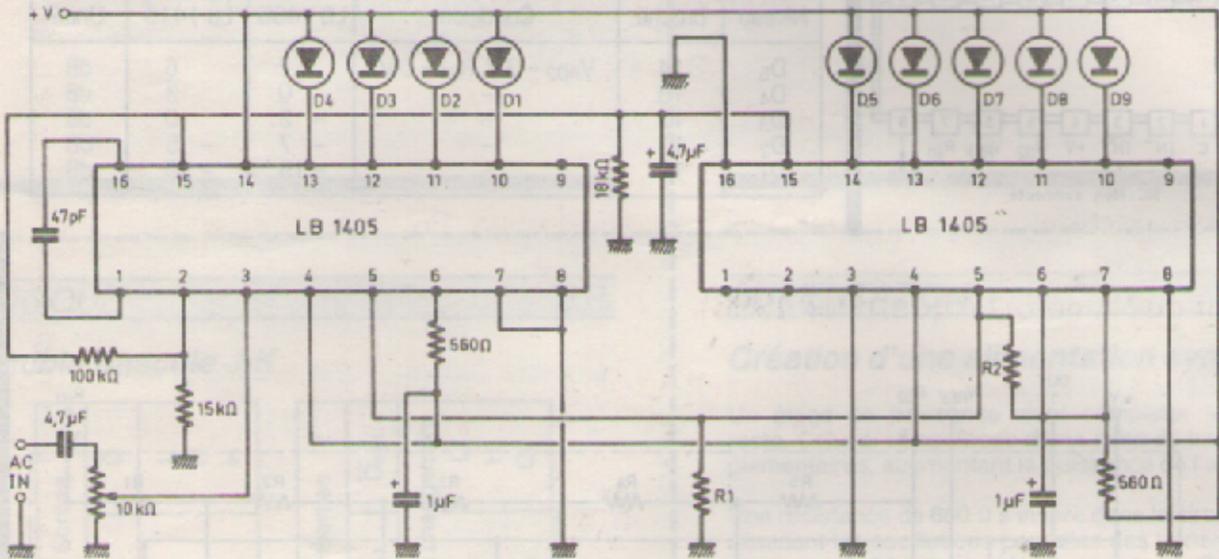
- a) Montage en vu-mètre simple.
- b) Montage de deux LB 1405 en cascade.

lière correspondant à 0 dB peut être obtenue par voie de réglage grâce à l'ajustable de 10 kΩ. Dans le cas de la figure 3b, il a été fait appel à deux circuits LB 1405 afin d'étendre le champ de l'indication visuelle du Vu-mètre à neuf LED. On notera que si on ne désire pas utiliser une LED, la broche correspondante sera à relier au « plus » de l'alimentation. Le tableau qui accompagne cette figure met en évidence deux types de progressions de l'allumage des LED en mettant en jeu différentes valeurs de résistances R₀₁ et R₀₂.

a) Montage en vu-mètre simple



b) Montage de 2 LB1405 en cascade



| | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | D7 | D8 | D9 | |
|---------------------|-----|-----|------|------|------|----|------|------|------|----|
| R1 = R2 = 3,3kΩ | -19 | -11 | -6,5 | -3,7 | -1,6 | 0 | +1,5 | +2,7 | +3,7 | dB |
| R1 = 3kΩ ; R2 = 2kΩ | -18 | -10 | -6,5 | -3 | -1,2 | 0 | +1 | +2 | +3 | dB |

PARAMETRES DE FONCTIONNEMENT

Valeurs limites

Tension d'alimentation : V_{CCMAX}, broche 4 ; 14 V
 Potentiel à signaler : V_{IN}, broches 2 et 3 ; -0,3 à 14 V
 Courant maxi sur entrée C : I_C, broche 1 ; 0,1 à 2 V

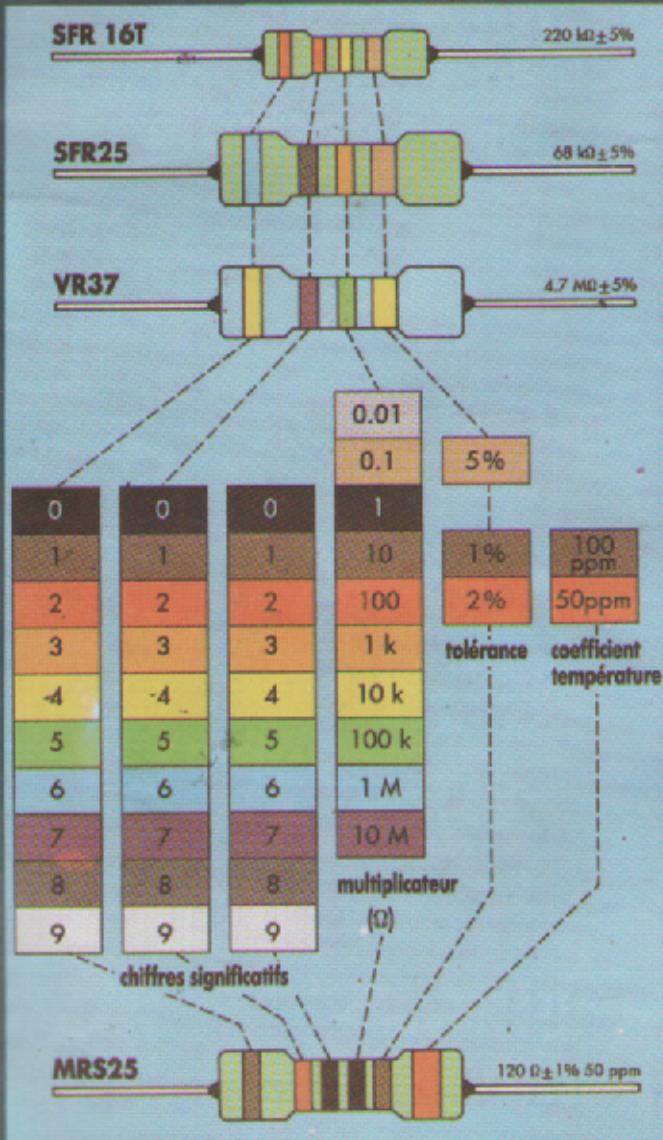
Potentiels de sortie :

V_{OUT1}, broche 16 ; -0,3 à 12 V
 V_{OUT2}, broche 15 ; -0,3 à 12 V
 V_{OUT} (LED), broches 10 à 14 ; -0,3 à 14 V
 Courant de référence : I_{REF}, broche 6 ; 10 mA
 Puissance dissipée : 500 mW
 Température de fonctionnement : -10 à +60 °C
 Température de stockage : -40 à +125 °C

VALEURS CONSEILLEES

Potentiel d'alimentation : + V_{CC}, broche 4 ; 4,4 à 12 V
 Intensité de référence : I_{REF}, broche 6 ; 2,5 à 9 mA
 Résistance de charge : R_{L2}, broche 15 ; 15 à 20 kΩ

Résistance



Condensateur



- 1 : 1er chiffre
- 2 : 2ème chiffre
- 3 : Multiplicateur
- 4 : Tolérance
- 5 : Tension

5600 pF

La lecture du code des couleurs pour les condensateurs se fait de haut en bas et s'exprime en pico farade (pF).
 1000 pF = 1 Nano farade (nF)
 1000 nF = 1 Micro farade (μF ou mF)
ATTENTION ! Vous pouvez trouver des condensateurs céramiques avec les valeurs en couleur, dans ce cas les lire de bas en haut à l'envers des condensateurs plastiques.

BP N° 21 EL-HAMMADIA BOUZAREAH- ALGER