

décodeur RTTY

le Junior
Computer
décode les
communica-
tions par
télex

Dans le milieu des radio-amateurs, la télégraphie a connu un vigoureux regain d'intérêt ces derniers temps. On peut considérer ce phénomène comme un effet secondaire de l'explosion micro-informatique dont le souffle n'a pas fini de nous éberluer.

A notre tour, nous proposons un circuit de démodulation et un logiciel de décodage (Junior Computer à l'appui!) pour la radiotélétypographie. en un mot plus court, le télex.

Le mois dernier, nous nous sommes penchés avec nos lecteurs sur le décodage de signaux télégraphiques morse, à propos d'un circuit de mise en forme et un logiciel de décodage pour le 6502 et le Z80. Ici nous allons honorer Saint-Baudot en lui sacrifiant une interface de mise en forme des signaux RTTY (*radioteletype* pour les gens qui prononcent "bohoûdohoû" et "ahr-ti-tiouaille"); il suffit d'un Junior Computer en version étendue pour que ce circuit puisse être associé au logiciel de décodage soigneusement mis au point pour vous dans notre laboratoire. Nous nous permettons d'être fiers du résultat et vous invitons chaudement à faire le nécessaire pour qu'à votre tour vous puissiez exhiber fièrement votre *Junior Telex*.

Les grands principes de la communication par telex ne diffèrent pas tellement de ceux du morse: il s'agit, pour l'essentiel, d'une porteuse modulée par l'information codée numériquement; pour le morse, ce sont les points et les traits que chacun connaît (dih-dih-dah-dah-dih), tandis que pour le télex

c'est un code binaire à 5 bits. On trouvera un article de fond sur ce sujet ailleurs dans ce même numéro.

Hormis leur code, les deux modes de radiotélégraphie se distinguent surtout par le type de modulation utilisé lors de la transmission. En morse, une porteuse simple est modulée en tout ou rien. En RTTY, la porteuse est double et ses deux composantes, de fréquence différente, sont modulées alternativement en tout ou rien. La présence d'un signal (une fréquence donnée) est confirmée par l'absence de l'autre, et vice versa; il y a redondance, la transmission est plus fiable!

Dans le jargon RTTY, on ne parle pas de niveaux logiques lors de la transmission, mais de "mark" et "space". Un niveau logique haut à transmettre devient "mark", avec sa fréquence spécifique, tandis qu'un niveau logique bas devient "space" avec une fréquence voisine de la première. L'écart entre ces deux fréquences est assez faible; on l'appelle déplacement de fréquence ou *shift*.

En pratique, à l'émission, ce ne sont pas deux signaux différents que l'on génère, mais bel et bien une porteuse double: s'agit-il de modulation de fréquence? . . . ou de modulation d'amplitude? On se référera à l'article mentionné ci-dessus pour plus de détails. En résumé, on peut dire que du point de vue de l'émetteur, le signal RTTY est un signal modulé en fréquence, tandis que du point de vue du récepteur, c'est un signal modulé en amplitude.

Il n'en reste pas moins qu'à la réception, on se trouve en présence de deux fréquences distinctes, apparaissant alternativement. L'une traduit un niveau logique haut (*mark*) et l'autre un niveau logique bas (*space*). D'où il découle irréfutablement que la présence simultanée des deux composantes résulte d'une erreur, d'un défaut, ou de toute autre anomalie. Il appartiendra au logiciel d'analyser cette situation et d'en tirer les conclusions.

L'interface RTTY

Les systèmes à microprocesseur ne peuvent traiter efficacement que des signaux parfaitement calibrés, c'est à dire compatibles avec le standard TTL; le moins que l'on puisse dire d'un signal sortant d'un récepteur O.C. est qu'il n'a pas grand chose de commun avec la logique. L'adjonction d'un dispositif de démodulation et de mise en forme s'impose. L'interface mise en oeuvre doit être en mesure d'interpréter avec sûreté le signal bien mal léché que lui fournit le récepteur, pour le convertir ensuite en niveaux logiques comestibles par le Junior Computer. Il se trouve que le décodeur à intégrateur et déclencheur mis au point pour la démodulation du signal morse — et proposé dans notre dernier numéro — a largement fait ses preuves. C'est pourquoi ce principe est repris pour l'interface RTTY dont on trouve le schéma sur la figure 2. A ceci près qu'ici il y a deux exemplaires de ce démodulateur, puisqu'il y a deux fréquences à identifier.

A l'entrée du circuit, il y a le traditionnel potentiomètre d'adaptation de niveau. Tout de suite après, on trouve une LED indicatrice (rouge) commandée par le transistor T1. Le signal d'entrée est appliqué aux deux décodeurs audio IC1 et IC2 (l'un et l'autre du type 567). Si le réglage de IC1 ne comporte qu'une position matérialisée par P8, il n'en va pas de même pour le deuxième décodeur qui doit être à même d'identifier jusqu'à six fréquences différentes. De telle sorte que le décodeur puisse servir avec des signaux RTTY à fréquence de déplacement différente. La fréquence nominale du décodeur IC1 que l'on ajuste à l'aide de P8 est de 1275 Hz.

La fréquence du deuxième décodeur audio varie selon le type d'émission. On trouve les valeurs des déplacements de fréquence les plus courants dans les transmissions RTTY réunies sur le tableau 1.

Les sorties des décodeurs audio commandent trois LED d'affichage: D2 pour le signal "mark" (sortie d'IC1), D3 pour le signal "space" (sortie d'IC2) et D4 pour la présence accidentelle des deux signaux. Lorsque la réception est bonne, le chevauchement des deux fréquences est minimal

Tableau 1

Signal	Réglage	Fréquence (Hz)	Déplacement (Hz)
"Mark"	P8	1275	0
"Space" 1	P1	var.	var.
"Space" 2	P2	1445	170
"Space" 3	P3	1575	300
"Space" 4	P4	1700	425
"Space" 5	P5	2125	850
"Space" 6	P6	2275	1000

décodeur RTTY
elektor juin 1983

Tableau 1. Fréquences et déplacements de fréquence usuels.

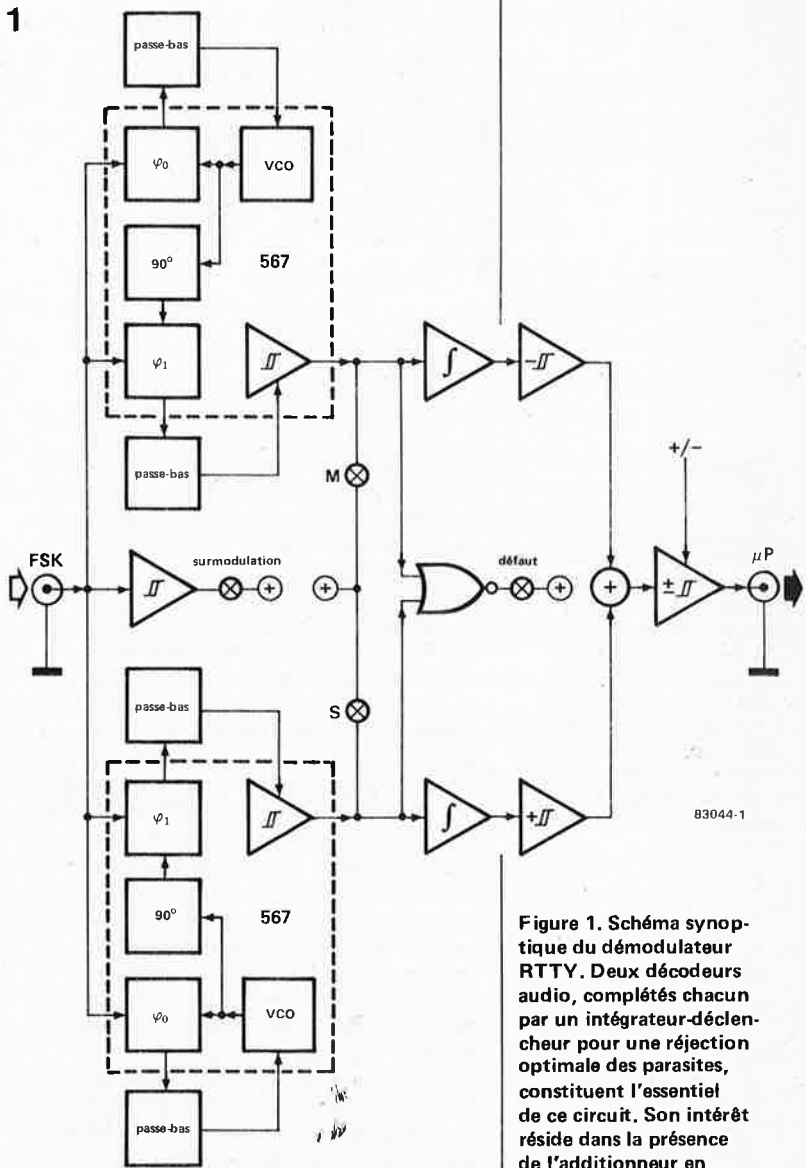


Figure 1. Schéma synoptique du démodulateur RTTY. Deux décodeurs audio, complétés chacun par un intégrateur-déclencheur pour une réjection optimale des parasites, constituent l'essentiel de ce circuit. Son intérêt réside dans la présence de l'addresseur en sortie, lequel délivre un signal correct même en l'absence simultanée et accidentelle des deux fréquences "mark" et "space".

En soumettant les signaux de sortie des décodeurs audio à une fonction NOR, on obtient une signalisation des défauts de transmission. Lorsque le circuit est bien réglé, les LED indicatrices "mark" et "space" clignotent alternativement, et leur luminosité est forte. Ce qui n'est pas le cas de la LED "défaut" qui ne doit s'allumer que faiblement.

et cette LED ne s'allume que faiblement. Si elle s'allume plus nettement par contre, c'est que le réglage de l'interface n'est pas satisfaisant.

C'est après l'un et l'autre décodeurs audio que l'on retrouve les intégrateurs à OTA (IC3 et IC4) et les déclencheurs (A2 et A4) que l'on avait déjà vus en action dans le démodulateur morse. A1 et A3 sont des tampons à haute impédance d'entrée, afin de ne pas soumettre les condensateurs d'intégration C11 et C12 à une charge excessive.

La porte EXOR N1 est montée en inverseur; N2 n'inverse pas, car l'une des ses entrées (broche 6) est forcée au niveau logique bas. Ceci est important pour la

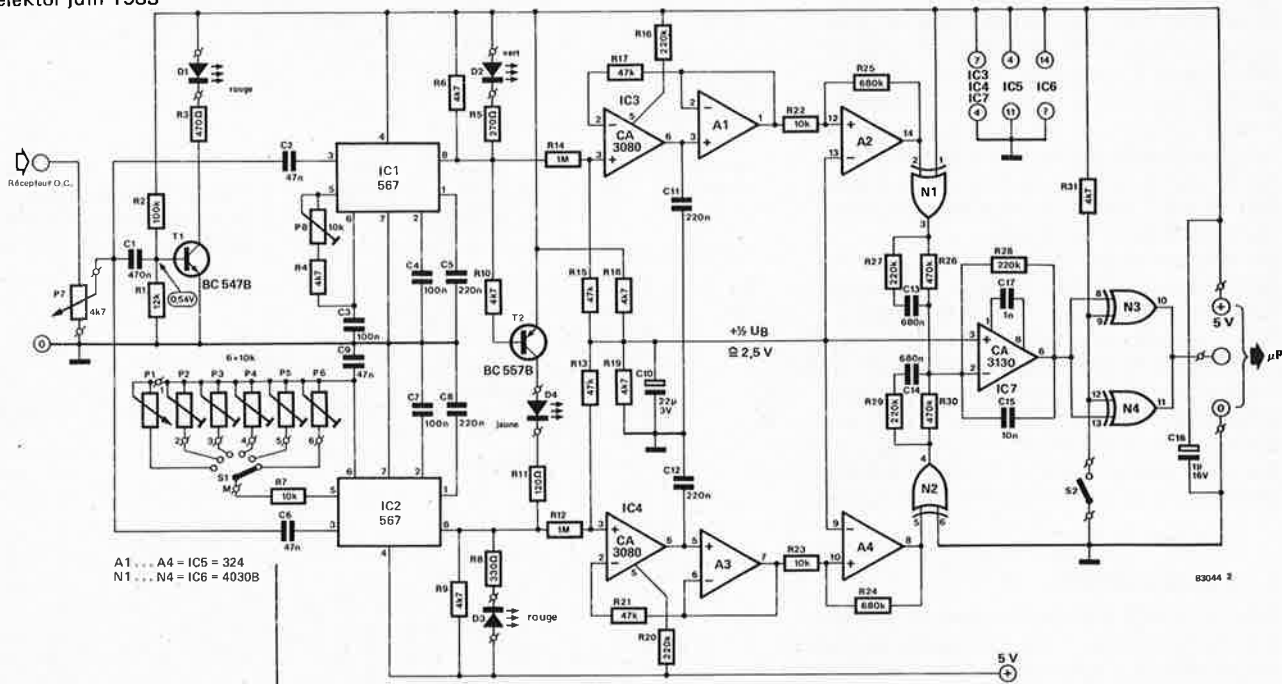


Figure 2. Le circuit complet du démodulateur pour signaux RTTY tel que nous le proposons comme interface pour le Junior Computer. On distingue clairement la symétrie entre les deux parties: chacune d'entre elles se charge de traiter une des deux fréquences qui composent le signal RTTY. On met à profit la redondance de ce signal pour réduire efficacement le risque d'erreur de décodage.

suite; cet étage tire profit du fait que lors de l'évanouissement de l'un des signaux, l'absence de l'autre tient lieu d'information de substitution. D'où l'importance de la notion de redondance dont il est question dans l'article "morse et telex" publié dans ce même numéro. Le signal "space" est l'inverse du signal "mark"; ils sont en opposition de phase, ou complémentaires. A ceci près, ils sont rigoureusement identiques. Si le signal "mark" est au niveau logique haut, l'autre est forcément au niveau logique bas, et vice versa. Comme N1 inverse le signal "mark", on trouve des signaux en phase à la sortie des portes. L'amplificateur opérationnel IC7 amplifie ces deux signaux. S'il arrive que l'un d'entre eux vienne à disparaître, l'information n'est pas perdue pour autant puisqu'elle est également contenue dans l'absence (normale) de l'autre signal; de sorte qu'IC7 reçoit son signal de commande comme si rien ne s'était passé.

Le condensateur C15 monté dans la boucle de contre-réaction de l'amplificateur opérationnel assure une nouvelle intégration du signal RTTY, afin de supprimer d'éventuels (et probables) parasites résiduels. Les portes N3 et N4 contribuent à raidir les flancs du signal (fonction de déclenchement) de sorte qu'en sortie du circuit on peut parler de compatibilité TTL. Une autre fonction importante de ces portes est l'inversion des niveaux logiques lorsque l'interrupteur S2 est ouvert. Quand celui-ci est fermé, les portes tiennent simplement lieu de tampons.

Aux actes!

La figure 3 donne un dessin de circuit imprimé sur lequel on peut monter le démodulateur RTTY que l'on relie, une fois réglé, à la sortie "magnétophone" dont sont munis la quasi-totalité des récepteurs O.C. Pour le réglage, il faut un générateur et un fréquencemètre que l'on relie tous deux

à l'entrée du démodulateur. On met le curseur de P7 en position moyenne et on règle la fréquence du générateur à 1275 Hz (vérifier sur le fréquencemètre). L'amplitude de sortie du générateur devra être ajustée de telle façon que la LED s'allume. Il faut trouver ensuite la position de P8 pour laquelle la LED D2 s'allume à son tour. Le réglage de P8 sera optimal lorsque l'on aura trouvé le milieu de la plage dans laquelle D2 reste allumée. On peut aussi procéder en réduisant le niveau d'entrée et en cherchant simultanément la position de D8 dans laquelle D2 reste allumée.

Vient ensuite le réglage du deuxième décodeur audio. Ajuster successivement P2...P6 selon la procédure décrite ci-dessus, en prenant pour chaque potentiomètre l'une des fréquences "space" données par le tableau 1. Lorsque l'on ne dispose ni d'un générateur ni d'un fréquencemètre, on pourra opter pour le réglage par approximations successives en laissant P7 en position moyenne et en ajustant P1 (S1 en position 1). Une fois ce réglage effectué, on reliera l'entrée du démodulateur à la sortie "magnétophone" d'un récepteur O.C. Le niveau d'entrée, réglé à l'aide de P7, doit être assez élevé pour provoquer l'allumage de la LED D1, sans plus. Accorder le récepteur O.C. sur une station émettrice de façon à obtenir la luminosité maximale de D2 qui clignotera au rythme du signal RTTY. Rechercher le déplacement de fréquence convenable en actionnant S1; celui-ci sera correct lorsque D3 atteindra sa luminosité maximale, tandis que D4 ne s'allumera que très faiblement. S'il est impossible de trouver la bonne position de S1, c'est probablement par ce que le déplacement de fréquence n'est pas normalisé: il faut remettre S1 en position 1, et régler P1 jusqu'à ce que l'accord sur l'écart de fréquence soit obtenu: soit la luminosité maximale de D3 et minimale de D4.



Liste des composants

Résistances:

- R1 = 12 k
- R2 = 100 k
- R3 = 470 Ω
- R4,R6,R9,R10,R18,R19,
R31 = 4k7
- R5 = 270 Ω
- R7,R22,R23 = 10 k
- R8 = 330 Ω
- R11 = 120 Ω
- R12,R14 = 1 M
- R13,R15,R17,R21 = 47 k
- R16,R20,R27,R28,
R29 = 220 k
- R24,R25 = 680 k
- R26,R30 = 470 k
- P1 = 10 k, 10 tours
- P2...P6,P8 = 10 k aj.,
10 tours
- P7 = 4k7 (5k)

Condensateurs:

- C1 = 470 n
- C2,C6,C9 = 47 n
- C3,C4,C7 = 100 n
- C5,C8,C11,C12 = 220 n
- C10 = 22 μ/3 V
- C13,C14 = 680 n
- C15 = 10 n
- C16 = 1 μ/6 V
- C17 = 1 n

Semiconducteurs:

- D1,D3 = LED rouge
- D2 = LED verte
- D4 = LED jaune
- T1 = BC 547B
- T2 = BC 557B
- IC1,IC2 = LM 567
- IC3,IC4 = CA 3080
- IC5 = LM 324
- IC6 = 4030B
- IC7 = CA 3130

Divers:

- S1 = commutateur rotatif
1 circuit 6 positions
- S2 = interrupteur
marche/arrêt

3

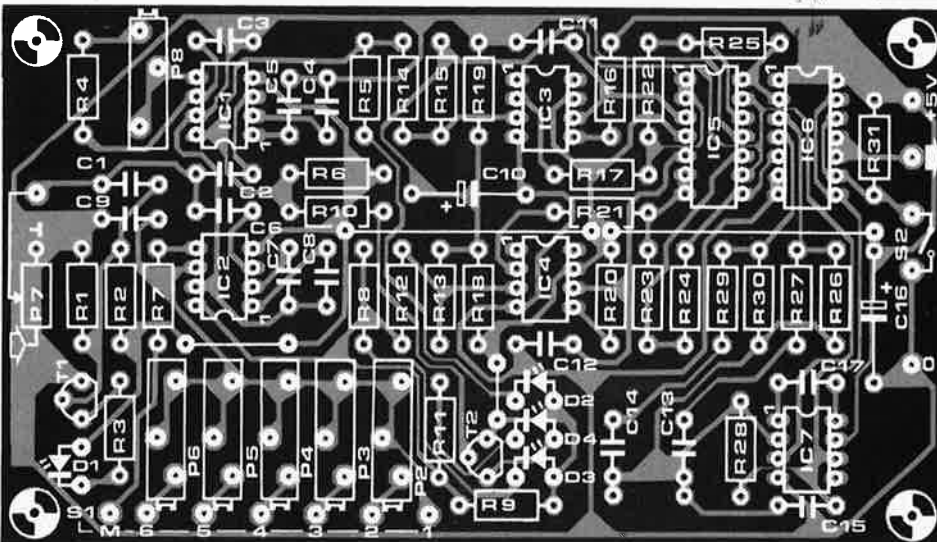
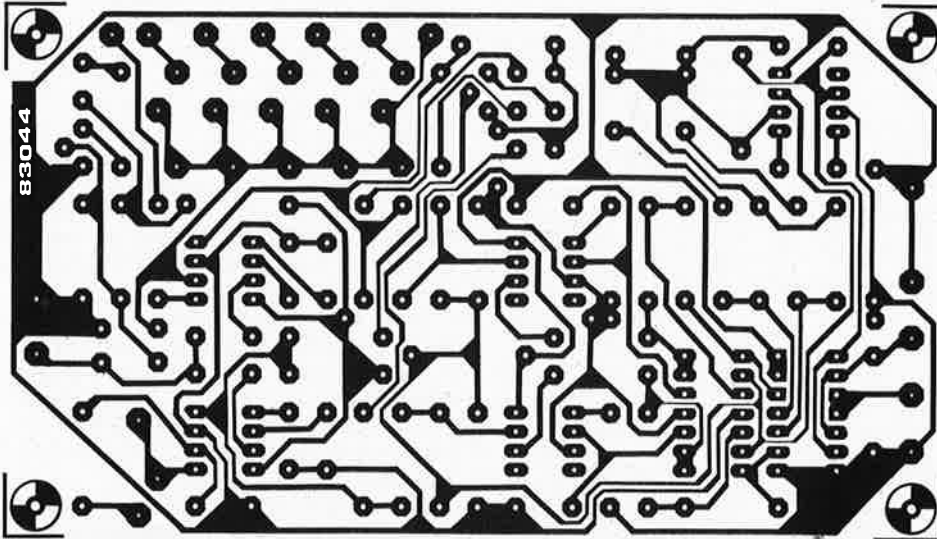


Figure 3. La disposition parallèle des ajustables multitours en facilite le réglage. La forte densité d'implantation des composants exige un soin extrême lors de la réalisation de ce montage. Son alimentation pourra être prélevée sur celle du Junior Computer, à condition qu'elle dispose des réserves suffisantes.

Figure 4. Ordinoigramme simplifié du programme de décodage des signaux RTTY par le Junior Computer. Au centre du programme, on trouve le compteur de bits. Contrairement à la pratique courante, notamment dans les UART, on ne se contente pas ici d'un échantillonnage du milieu de bit; le programme détermine en effet si le signal d'entrée est au niveau logique haut pendant une durée supérieure à la moitié de la durée de bit de référence. Lorsque c'est le cas, on considère qu'il s'agit d'un niveau logique haut. Dans le cas contraire, c'est un niveau logique bas. De sorte qu'avec cette manière de procéder, le taux d'erreurs est sensiblement inférieur à ce qu'il est lorsque l'on procède comme les UART.

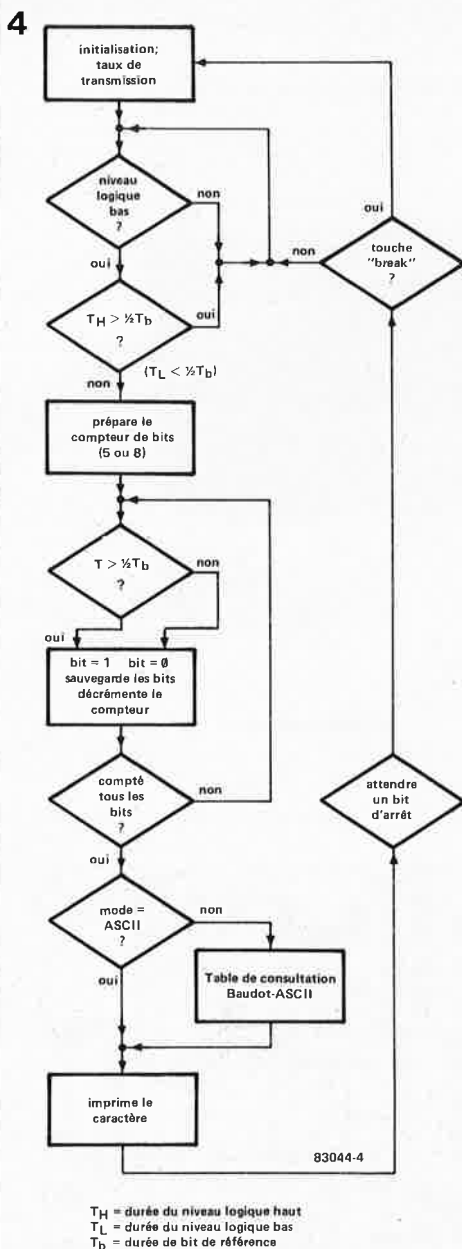


Tableau 2

BAUDRATE:
 0=45.45 BAUD
 1=50
 2=57
 3=75
 4=100
 5=110
 DO YOU LIKE TO CHANGE IT? <Y/N>Y
 SELECT THE BAUDRATE: 1
 ASCII RECEIVER? <Y/N>N
 FILE BUFFER? <Y/N>Y
 AUTO LETTER MODE? <Y/N>
 LIST THE FILE BUFFER? <Y/N>
 ::

Tableau 2. Procédure de lancement du programme de décodage.

Tableau 3

configuration du Junior Computer	adr. de départ	copié	
		de	vers
extension	0E88	0800	4000
DOS	EE72	E800	4000

Tableau 3. Adresses de lancement des routines de copie.

Une fois que les LED indiquent une bonne réception, il reste à déterminer la polarité du signal (inversé ou non selon la position de S2). Il n'y a qu'une manière de procéder: le tâtonnement. Il en va de même pour le choix du taux de transmission (baudrate); mais c'est là une affaire de logiciel!

Le logiciel de décodage RTTY

Le programme de décodage conçu par Elektor tient dans une EPROM du type 2716. Cette EPROM pourra être implantée aussi bien sur un Junior Computer avec extension que sur un DOS Junior Computer! La sortie du démodulateur RTTY est reliée à la broche PB7 du 6532 de la carte principale.

Le code Baudot (5 bits) n'est pas le seul code admis par ce logiciel; il est également capable de décoder le code ASCII à 7 bits. Il connaît en outre 6 taux de transmission parmi lesquels l'utilisateur peut faire son choix. Les données décodées sont placées dans un fichier-tampon; en cas de débordement de ce fichier, le programme émet un message d'erreur. L'utilisateur peut demander un listage du contenu du tampon. Une autre particularité de notre programme réside dans sa capacité à commuter automatiquement entre chiffres et lettres en cas de mauvaise réception de l'indicateur de commutation. Lorsque le processeur est placé en "auto letter mode", il assure le retour automatique au mode "lettres" après chaque réception d'un caractère "case vide" ou "espace".

La figure 4 reproduit l'ordinoigramme sur lequel est construit le programme de décodage. Une fois qu'il a été lancé à l'adresse \$4000, il commence par poser un certain nombre de questions auxquelles l'utilisateur répond par Y (= yes; oui) ou N (= no; non). Actionner la touche Carriage Return équivaut à répondre non. Pour le choix du taux de transmission, il faut spécifier une valeur de 0 à 5. Lorsque le code à décoder est un code à 5 bits, la réponse à la question "ASCII RECEIVER?" sera non.

Une fois qu'il aura obtenu une réponse à toutes ses questions, le processeur sera prêt à recevoir des signaux sur PB7; il le signale en imprimant deux doubles-points " : : ".

Si à la question "DO YOU LIKE TO CHANGE IT?" on répond non ou Carriage Return, la procédure est raccourcie: le processeur commence aussitôt à décoder en mode Baudot à une cadence de 50 bauds, sans même émettre le message " : : ". On peut interrompre la procédure de décodage en actionnant la touche BREAK et réinitialiser le programme en actionnant la touche NMI.

Utilisation du programme

La zone mémoire occupée par le programme s'étend de \$4000 à 7FFF. Une carte de RAM dynamique 16 K placée sur le bus du Junior Computer fait l'affaire.

L'adresse de lancement est \$4000. Peu im-

Tableau 4

Adresses	Données
4038	A3
4039	FE

Tableau 4. Modifications dans la version Junior DOS.

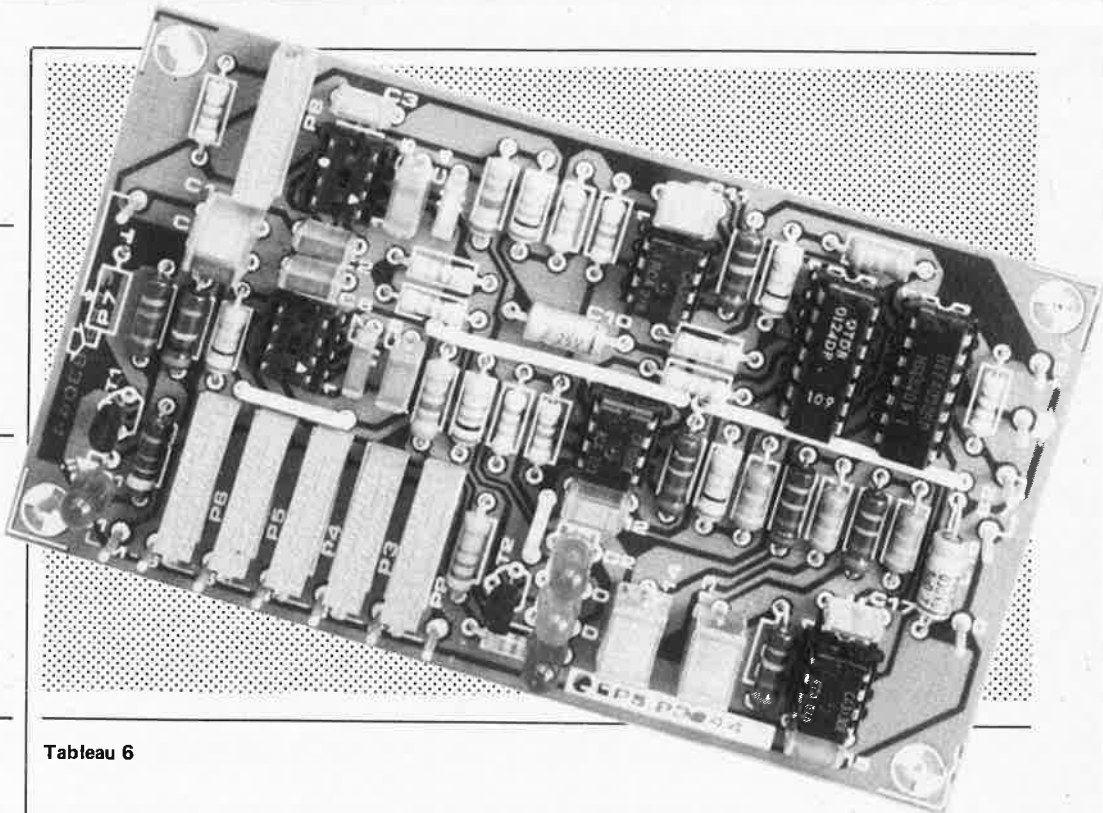


Tableau 5

Adresses	Données
40C2 ...	EA, EA, EA
4038	34
4039	13
4041	1A
4057	AE
4058	12
44DA	1A
44DB	1A
44EA	1A
44E7	1A
44EC	1A
44F1	1A
44F6	1A
4581	1A
4589	1A
459B	18
45BE	18
45C8 ...	EA, EA, EA
45D1	1A
45CF	1A
45E0	18
4606	18
460D	18
4640	18
4646	18

Tableau 5. Modifications dans la version Junior Computer avec extension.

Tableau 6. Vidage mémoire en format hexadécimal du logiciel de décodage RTTY.

Tableau 6

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
800	4C	BD	42	42	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	05	00
810	4E	FF	7F	01	00	00	00	00	00	3F	35	00	00	F0	55	20
820	4E	88	44	15	34	10	27	83	23	4C	3C	40	8D	63	73	48
830	C9	00	F0	06	20	F0	44	20	43	23	68	60	AD	06	40	2D
840	80	FA	F0	F8	A2	FF	9A	20	EB	41	4C	19	44	AD	14	40
850	48	A9	00	BD	14	40	20	1B	FE	20	2C	40	AA	68	8D	14
860	40	0A	60	68	85	F8	68	85	F9	AD	14	40	48	A9	00	8D
870	14	40	E6	F8	00	02	E6	F9	A0	00	B1	F8	C9	00	F0	06
880	20	2C	40	4C	72	40	68	8D	14	40	A5	F9	48	A5	F8	48
890	60	20	63	40	0D	0A	42	41	55	44	4F	54	20	00	60	20
8A0	63	40	0D	0A	41	53	43	49	49	20	00	60	20	63	40	52
8B0	45	43	45	49	56	45	52	0D	0A	00	60	20	63	40	20	42
8C0	41	55	44	0D	0A	00	60	20	63	40	34	35	2E	34	35	00
8D0	60	20	63	40	0D	0A	00	60	20	63	40	35	37	00	60	20
8E0	63	40	37	35	00	60	20	63	40	31	30	30	00	60	20	63
8F0	40	31	31	30	00	60	20	63	40	4E	4F	20	00	60	20	63
900	40	0D	0A	52	45	43	45	49	56	45	44	20	43	48	41	52
910	41	43	54	45	52	53	20	41	52	45	0D	0A	53	54	4F	52
920	45	44	20	49	4E	20	42	55	46	46	45	52	0D	0A	00	6D
930	20	63	40	41	55	54	4F	20	4C	45	54	54	45	52	20	4D
940	4F	44	45	00	60	20	63	40	0D	0A	00	60	AD	14	40	8D
950	16	40	A9	00	8D	14	40	AD	0F	40	AE	10	4D	C5	FA	D0
960	1D	E4	FB	D0	19	20	63	40	0D	0A	46	49	4C	45	20	45
970	4D	50	54	59	0D	0A	00	AD	16	40	8D	14	40	60	85	FA
980	06	FB	20	45	41	A9	00	0D	1B	40	8D	00	B1	FA	C9	FF
990	F0	E5	48	20	2C	40	20	E4	41	38	A5	FA	ED	11	40	A5
9A0	FB	BD	12	40	68	80	16	20	63	40	0D	0A	00	60	C9	D0
9B0	20	4F	56	45	52	45	4C	4E	57	0D	0A	00	60	C9	D0	D0
9C0	C9	20	2C	40	EE	1B	40	AE	1B	40	EC	1C	40	59	20	26
9D0	40	40	C9	45	F0	A1	D0	AD	A9	FA	D1	FA	F0	AC	20	2C
9E0	40	4C	8A	41	E6	FA	D0	02	E6	FB	60	20	45	41	20	45
9F0	41	AD	83	40	C9	42	D0	06	20	91	40	4C	01	42	20	9F
A00	20	0C	AC	40	AD	04	40	0D	06	20	C7	40	4C	3A	42	C9
A10	01	D0	06	20	D1	40	4C	3A	42	C9	02	00	06	20	D8	40
A20	4C	3A	42	C9	03	D0	06	20	DF	40	4C	3A	42	C9	04	D0
A30	06	20	E6	40	4C	3A	42	20	EE	40	20	BB	40	AD	14	40
A40	F0	0C	20	FE	40	AD	17	40	F0	0A	20	30	41	60	20	F6
A50	40	4C	42	42	20	F6	40	4C	4D	42	C9	F0	F0	19	C9	1B
A60	F0	00	AE	13	40	F0	05	AA	BD	7D	42	60	AA	BD	9D	42
A70	60	A9	00	8D	13	40	60	8D	13	40	A9	00	60	00	45	0A
A80	41	20	53	49	55	0D	44	52	4A	4E	46	43	48	54	54	0A
A90	57	48	59	50	51	4F	42	47	00	4D	58	56	00	00	33	0A
AA0	2D	20	27	38	37	0D	24	34	07	2C	00	3A	28	35	2B	29
AB0	32	00	36	30	31	39	3F	00	00	4D	58	56	00	20	A0	44
AC0	A2	FF	9A	A9	05	8D	0E	40	A9	42	8D	03	40	E2	01	8E
AD0	04	40	8E	13	40	CA	8E	14	40	8E	17	40	20	63	40	0D
AE0	0A	45	4C	45	4B	54	4F	52	20	52	54	54	59	20	44	45
AF0	43	4F	44	45	52	0D	0A	0A	42	41	55	44	52	41	54	45
B00	3A	0D	0A	0A	3D	34	35	2E	34	35	20	42	41	55	44	
B10	0D	0A	31	3D	35	30	0D	0A	32	3D	35	37	0D	0A	33	3D
B20	37	35	0D	0A	34	3D	31	30	0D	0A	35	3D	31	31	30	
B30	0D	0A	44	4F	20	59	4F	55	20	4C	49	4B	45	20	54	4F
B40	20	43	48	41	4E	47	45	20	49	54	3F	20	3C	59	2F	4E
B50	3E	00	20	4D	40	C9	59	D0	5A	20	63	40	0D	0A	53	45

porte la configuration du Junior Computer dont vous disposez (version avec extension ou version DOS), l'EPROM 2716 contenant le programme de décodage RTTY sera placé sur le support d'IC4 de la carte d'interface. Elle y sera adressée soit de \$0800 à \$FFF (en remplacement de TM) sur le Junior Computer avec extension, soit de \$E800 à \$FFF dans la version DOS. Avant de pouvoir lancer le programme, il faut donc le copier en RAM. Les routines de copiage

nécessaires à ce transfert figurent également dans l'EPROM et dans le vidage mémoire de la figure 6. L'adresse de lancement de la procédure de copiage figure dans le tableau 3 pour chacune des deux configurations possibles. Une fois que le transfert a été effectué, il reste à modifier les quelques octets des tableaux 4 et 5 selon la version avec laquelle le programme doit être utilisé. Après quoi le programme est prêt à décodage. ■