

Transformation d'un ordinateur de poche en voltmètre

par Cyril DEICHA
Lycée Technique - 56, rue Planchat - 75020 Paris

RÉSUMÉ

Interfaçage d'un ordinateur de poche pour illustrer les principes de la conversion analogique-numérique.

Le projet avait été conçu à l'origine pour donner une utilisation « pluridisciplinaire » à l'ordinateur de poche Sharp PC 1246 dont étaient munis nos élèves pour l'apprentissage de la programmation.

Les professeurs de Sciences Physiques étaient chargés de constituer une collection de logiciels et d'interfaces permettant de remplacer tous les appareils de mesure et tous les outils de calcul, voire certains documents utilisés pour l'enseignement.

L'un des montages devait remplacer les voltmètres utilisés en T.P. de physique. C'est le prototype que nous présentons ici car nous nous sommes rendu compte qu'il possédait des qualités pédagogiques intéressantes en tant qu'application de la conversion analogique - numérique. En effet il ne contient pratiquement aucune « boîte noire » ni sur le plan matériel ni sur le plan logiciel, et est réalisable du début à la fin par les élèves eux-mêmes.

STRUCTURE GÉNÉRALE

La tension à mesurer commande un VCO (oscillateur commandé en tension) qui fait clignoter une LED (diode électro-luminescente). Ce signal est transmis par l'intermédiaire d'un couplage optique à une touche du clavier de l'ordinateur. Un programme en basic scrute le clavier et produit un affichage de la tension à mesurer.

Cette tension doit être comprise entre 0 et 8 volts continus. Une

mesure dure 1 à 3 secondes. L'affichage se fait avec 1 à 3 chiffres significatifs. L'ordinateur continue à être utilisable normalement : en particulier il est possible de modifier le programme pour afficher une autre grandeur que la simple tension en volts. Ce qui permet des applications intéressantes, par exemple dans le domaine de la pH-métrie de la spectrophotométrie, de l'enregistrement de résultats variables (lentement) dans le temps, etc...

La fabrication ne présente pas de difficulté majeure : le circuit électronique peut être monté sur une table Lab 330, en Wrapping ou sur plaque à bandes. L'intervention à l'intérieur de l'ordinateur ne présente pratiquement aucun risque et est réversible. Le produit final est d'une robustesse à toute épreuve grâce à la fibre optique qui assure l'isolement galvanique entre l'ordinateur et la tension à mesurer : même une tension de 500 volts n'endommagerait pas l'ordinateur !

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

A) Conversion analogique numérique

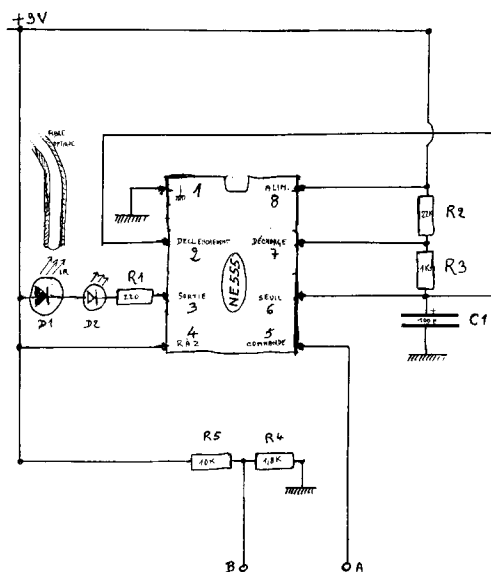


Figure 1 : Convertisseur analogique-numérique.

Nous avons choisi un montage utilisant le timer NE 555 faisant osciller un condensateur de 100 microfarads se chargeant à travers une résistance de 23 kilohms et se déchargeant dans une résistance de 1 kilohm. Ce circuit fait clignoter une diode émettrice infrarouge D1 (vendue par Tandy avec un support permettant de connecter une fibre optique) et une LED de contrôle verte D2. La tension à mesurer est appliquée entre A et B. Un décaleur d'origine (R4 R5) est nécessaire car la tension de commande doit être au moins de 1,4 volts, or nous souhaitons pouvoir mesurer des tensions à partir de 0 volt.

Il n'est pas gênant que la fréquence de clignotement ne soit pas une fonction simple de la tension de commande, la linéarisation étant prise en charge par le logiciel.

Ce circuit est alimenté par une pile de 9 volts.

Un montage utilisant un amplificateur opérationnel pourrait être utilisé à la place du NE 555 avec l'avantage de permettre une plus grande «transparence» au niveau du principe de fonctionnement.

B) Optocoupleur

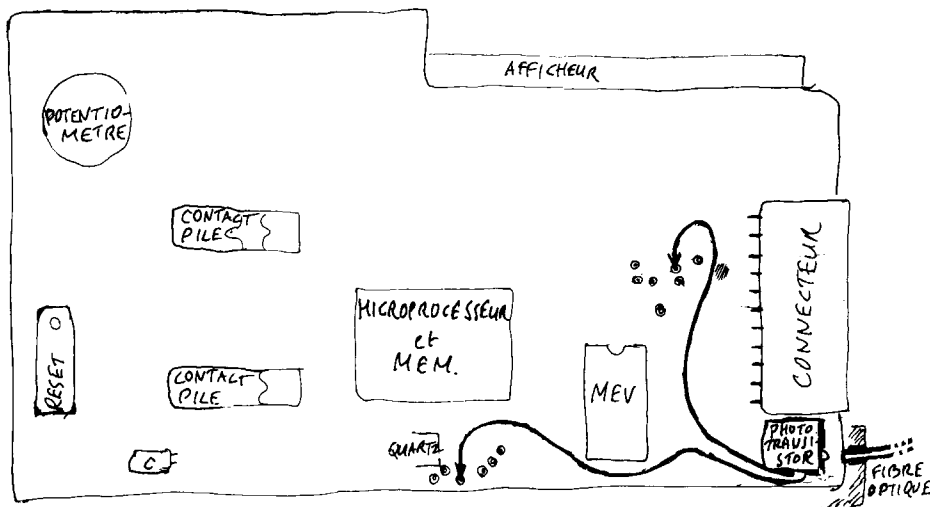


Figure 2 : Branchement d'un phototransistor dans un ordinateur SHARP PC 1246.

Les ordinateurs Sharp bas de gamme ne possèdent pas d'interface ou de connecteur permettant une entrée de signal exploitable par un programme basic. Aussi est-il nécessaire de faire une légère intervention à l'intérieur de l'ordinateur.

Après avoir retiré le dos métallique de l'ordinateur il faut desserrer les 10 vis qui maintiennent le dos en plastique, ce qui libère le circuit imprimé (carte-mère). Il faut ensuite repérer deux points qui correspondent aux deux bornes d'une touche (nous avons choisi la touche V comme étant la plus accessible). Le schéma montre la position des 2 contacts (l'ordinateur étant posé côté clavier sur la table).

Il faut connecter 2 fils fins (par exemple du fil pour wrapping) aux 2 trous métallisés du circuit. Éventuellement on fait un point de soudure avec un fer à souder à pointe très fine (8 W) préalablement chauffé puis débranché (pensez aux circuits intégrés de l'ordinateur qui seraient sensibles à des courants de fuite).

Sur le PC 1246 S (qui est le successeur du 1246) ou sur tout autre ordinateur la méthode décrite reste valable à condition de réussir à repérer les 2 bornes qui correspondent à une touche du clavier.

Un phototransistor est branché à ces 2 bornes. Il est conseillé de faire quelques essais préalables : avec une tôle ou un carton noir obscurcir le phototransistor (l'ombre de la main ne suffit pas). A chaque fois que le capteur est éclairé la lettre V doit s'afficher. Si nécessaire inverser les bornes ou essayer différents modèles de phototransistors : le modèle fourni avec la fibre optique ne convient pas toujours.

Il faut ensuite trouver un emplacement pour loger le capteur à l'intérieur de l'ordinateur. Nous l'avons mis sous le connecteur 11 broches. Un petit trou au diamètre de la fibre optique est percé dans le plastique du boîtier juste en face. La principale difficulté consistera à éviter une activation intempestive par la lumière ambiante. Du ruban adhésif noir, une peinture noire très opaque (même aux IR), de la pâte à modeler, etc... sont préférables au papier d'aluminium à cause des risques de courts-circuits. En tous cas il faut prévoir un bouchon opaque pour pouvoir boucher le trou lorsqu'on veut retrouver l'utilisation normale de l'ordinateur.

C) Chronométrage de la période de l'oscillateur

```

10:"V" INPUT "VOLTMETRE
";R$
20:GOSUB 100
30:GOSUB 600
40:WAIT (30+Y/2): PRINT
  USING "##.##";X;" VO
  LTS"
50:GOTO 20
60:"C" INPUT "PERIODE";
  R$
70:GOSUB 100
80:WAIT (30+Y/2): PRINT
  Y

90:GOTO 70
100:T=500
120:FOR I=0 TO T: IF
  INKEY$ ="V" THEN LET
  I=T
130:NEXT I
140:FOR I=0 TO T: IF
  INKEY$ =" " THEN LET
  I=T
150:NEXT I
160:FOR I=0 TO T: IF
  INKEY$ ="V" THEN LET
  Y=I: I=T
170:NEXT I
180:RETURN
190:END
500:"Z" INPUT "NOUV. TABL
";R$
501:IF R$<>"OUI" THEN "C
"
505:CLEAR : DIM E(20,1)
510:FOR I=1 TO 20
520:INPUT "X=";E(I,0)
530:INPUT "Y=";E(I,1)
540:NEXT I
550:END
600:"A" REM FONC. CROISS.
620:FOR J=1 TO 19
630:IF Y<=E(J,1) THEN
  LET I=J:J=19
640:NEXT J
650:N=E(I,1)-E(I+1,1)
660:D=E(I,0)-E(I+1,0)
670:A=N/D
680:B=E(I,1)-A*E(I,0)
690:X=(Y-B)/A
710:RETURN

```

module d'affichage

Essais

module
SCRUTATION
de
CLAVIER
et
CHRONOMETRAGE

module
d'ETALONNAGE

module
d'
INTERPOLATION
LINEAIRE

Figure 3 : Programme «Voltmètre».

La scrutation du clavier et le chronométrage du temps entre deux actions successives sur la touche V sont assurés par logiciel (lignes 100 à 190).

Les ordinateurs de poche bas de gamme ne possédant pas le langage machine la seule solution est la programmation en basic, ce qui est évidemment assez gênant pour la vitesse d'échantillonnage. Par contre on peut en tirer certains bénéfices sur le plan pédagogique. D'une part, le programme est facilement lisible et compréhensible par tous. La relative lenteur des opérations est d'autre part favorable à une meilleure compréhension du fonctionnement d'un processus de mesure qui, sinon, pourrait, à tort, donner l'illusion d'être «instantané».

Le chronométrage utilise comme base de temps la boucle des lignes 160 - 170 qui s'exécutent en 12 millisecondes (dans le cas d'un processeur piloté par un quartz de 1024 kHz).

Ici aussi quelques tâtonnements seront nécessaires en cas d'utilisation d'autres modèles d'ordinateurs (les lignes 60 à 90 constituent un module à utiliser pour ces essais).

D) Linéarisation et affichage de la tension

Cette fonction aussi est prise en charge par le logiciel (lignes 600 à 710).

Comme la partie électronique d'une part, le chronométrage d'autre part introduisant des distorsions difficilement maîtrisables, le montage doit être préalablement étalonné par comparaison avec un voltmètre de laboratoire branché sur une alimentation stabilisée réglable (ou un simple potentiomètre).

On prend 20 couples de valeurs lues au moyen du module d'essais (lignes 60 à 90 appelées par Def C) et du voltmètre (Période Y, tension X). On les introduit ensuite manuellement au moyen du module «création de table d'étalonnage» (lignes 500 à 540 appelées par Def Z).

$U_{AB}(\text{Volts})$ $t(\text{nombre d'itérations, ligne 160})$

X	Y
0.	31.
0.5	38.
1.	46.
1.52	53.
2.	61.
2.5	69.
3.	80.
3.5	92.
4.	105.
4.5	119.
5.	136.
5.5	156.
6.	178.
6.5	207.
7.	244.
7.5	289.
8.	358.
8.15	392.
8.16	400.
8.17	401.

Figure 4 : Fichier d'étalonnage.

Les points d'étalonnage doivent être suffisamment bien répartis pour permettre une interpolation linéaire (lignes 650 à 690).

La table d'étalonnage reste stockée dans le tableau E() tant qu'on ne retire pas les piles de l'ordinateur ou qu'on ne tape ni Def Z-OUI ni RUN.

Le résultat est affiché à l'aide du module d'affichage (lignes 20 à 50) sous une forme arrondie à un chiffre après la virgule. Cet affichage est clignotant en raison de la structure de l'ordinateur (affichage et calculs ne pouvant coexister).

UTILISATION

Pour faire des démonstrations commodément nous avons fixé sur une planchette tous les éléments du montage, ainsi que 2 piles «bouton» qui permettent d'avoir sous la main des tensions de 1,5 ; 3 et 4,5 volts.

Après avoir branché la pile de 9 volts qui alimente le convertisseur analogique-numérique, on vérifie que la LED de contrôle clignote lentement. En court-circuitant les pointes de touche A et B on vérifie que la fréquence de clignotement augmente.

A l'allumage de l'ordinateur, on constate que la lettre V s'affiche au rythme du clignotement de la LED. Il suffit alors de presser la touche Def puis Enter. On lit la tension affichée «au vol» .

BIBLIOGRAPHIE

MINS F.M. III, *Engineer's Mini-Notebook (555 Timer IC Circuits)*, Radio Shack, cat. n° 276-5010, Tandy (Fort Worth, 1984).

GAUJAL P., Montages autour d'un amplificateur opérationnel, *B.U.P.* n° 709, p. 1331, (décembre 1988).

DEICHA C., Pratique, enseignement et avenir de l'Informatique comme outil d'acquisition du savoir in *La révolution interdisciplinaire aujourd'hui* (Actes du colloque CTHS 3-9 avril 1989 à Paris) sous presse.