

Introduction

J'ai fait et décrit dans la revue Radio Plan en 1979 un piano électronique ; j'ai refait l'électronique en 2000 (décrit sur ce site : <http://self-programming-machines.org>) avec des circuits intégrés qu'on peut encore se procurer actuellement. Ce piano présente l'avantage d'être portable et bon marché, toutefois ses sons comparables à celui d'un harmonium et son toucher élastique n'incitent pas à étudier de nombreuses heures.

J'ai donc confectionné un piano MIDI décrit ci après. Ce piano ne comporte pas de codage de la vitesse , c'est à dire qu'il ne traduit pas les différences de toucher.

J'ai déjà réalisé l'électronique d'un encodeur de clavier qui code la vitesse et je compte bien fabriquer un piano MIDI avec un codage de la vitesse d'ici quelque temps.

Par ailleurs ce piano doit peser une trentaine de kilogrammes et est bien moins transportable que le précédent.

Son prix est de 500 Euros environ. Il faut compter 100 Euros pour les fourches optiques LTH 301-07 de Liteon que Arquie composants <http://www.arquie.fr/> fournit. Il faut une somme comparable pour se faire confectionner les ressorts de pression et 300 euros pour le reste de l'électronique.

Il faut posséder un programmeur de Pic ou en fabriquer un. A titre d'information, j'ai câblé un programmeur en m'inspirant de celui décrit dans le journal Electronique Pratique numéro 260, page 19. Il fonctionne avec le logiciel ICProg.

Enfin le son du piano ne dépend que du logiciel qui fait ce son. Après bien des essais, j'ai fini par adopter le Boesendorfer 290 qui fait de très beau sons, aucun autre logiciel ne m'ayant satisfait. Ce logiciel demande au PC 1,5 giga octet de mémoire.

Ce piano n'est pas vraiment difficile à construire, il demande seulement du temps et de la patience ; j'ai essayé de bien expliquer tous les points et de mettre à la disposition du lecteur tous les outils.

Description globale

Le piano est composé d'un clavier de piano récupéré, de la partie inférieure du piano et de ses deux pédales.

L'électronique comporte :

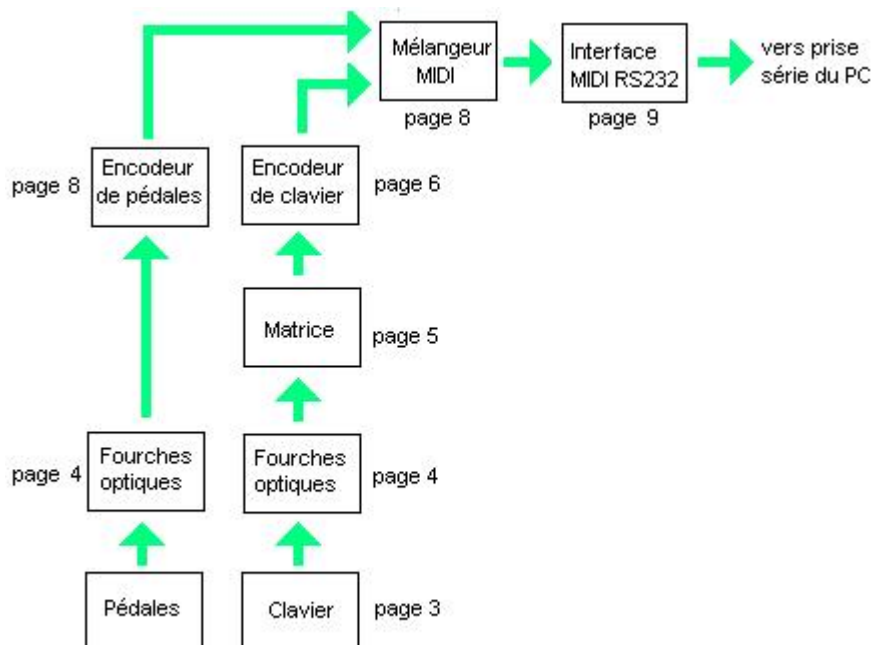
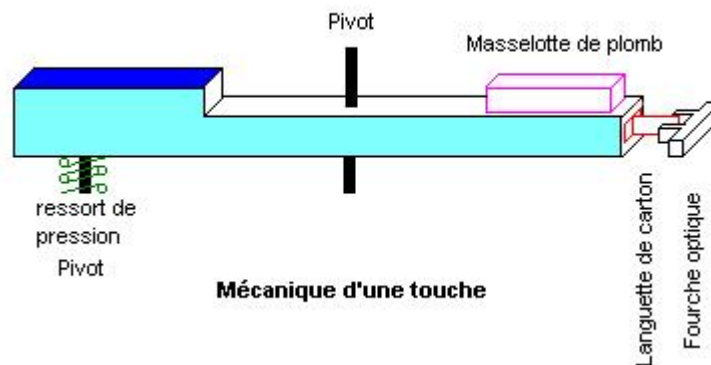


Schéma synoptique de l'électronique.

- Une alimentation 12 volts, tension que chaque carte reçoit et chaque carte possède son propre régulateur de tension de 5 volts.
- Une alimentation de 5 volts fournissant un courant de 1 ampère alimente les diodes émettrices des fourches optiques.
- Une carte en codeuse de clavier et une carte où se trouvent la matrice des transistors interrupteurs et des diodes.
- Une carte qui fournit les signaux de pédale de maintien et de pédale d'étouffement générés quand on enfonce la pédale de droite et de gauche respectivement.
- Un mélangeur midi.
- Une interface MIDI/RS232 qui permet de se brancher sur un port série d'un PC. Cette interface a été réalisée séparément et possède son propre boîtier.
- Si le PC dont vous disposez possède un port DB15 que ce soit sur une carte son ou sur la carte mère directement, vous pouvez vous passer très bien de cette interface un peu compliquée en fabriquant une interface MIDI. Je décris aussi cette interface à la page 9, interface que l'on trouve d'ailleurs partout sur internet.

Description mécanique



Chaque touche comporte un ressort de pression et une masselotte.

J'ai tenté de réaliser les interrupteurs que chaque note doit actionner en récupérant sur des claviers de terminaux des petits aimants et des relais ILS. Cette tentative qui m'a demandé beaucoup de travail a été très insatisfaisante, les réglages étaient très fins pour que l'enfoncement simultané de notes donne une simultanéité réelle à l'audition (étude en tierce de Chopin par exemple) et jamais je n'ai eu des résultats satisfaisants aussi je me suis rabattu sur des interrupteurs électroniques (fourches optiques).

Je pense que des aimants et des capteurs à effet Hall feraient aussi l'affaire.

Le clavier du piano voit chaque extrémité de ses touches munie d'une languette de carton collée au pistolet à colle.

Cette languette va s'intercaler dans la fente d'une fourche optique. J'ai choisi une fourche optique dont la fente était large (5 mm) (LTH 301-07 de Liteon) pour que le travail d'ajustage de la position de ces fourches qui doivent correspondre aux languettes ne soit pas trop ardue. A l'expérience, ce réglage n'est pas difficile. Certaines languettes n'occulant pas la fente de la fourche optique ont dû être décollées et recollées.

J'ai disposé sur chaque touche une masselotte de plomb parallélépipédique de 75 grammes. Pour faire ces masselottes, j'ai confectionné des moules en plâtre en coulant du plâtre à modeler dans un tupperware et en laissant l'empreinte d'une baguette de 1 sur 1 cm et de 20 centimètres de long dans le plâtre avant que celui-ci ne se solidifie. J'ai planté sur la face supérieure de la baguette deux clous qui me permettent de désolidariser facilement la baguette du plâtre quand celui-ci est sec. Une fois le plâtre sec, on fonce un vieux tuyau de plomb dans une casserole et on coule le plomb fondu dans ce moule.

Il faut attendre plusieurs jours que l'eau du plâtre soit tout à fait évaporée sinon l'eau qui reste dans le plâtre va se vaporiser quand on va couler le plomb et le moule va se fendre. Même avec cette précaution, le moule finit par se fendre et il a fallu que j'en confectionne une dizaine pour obtenir la centaine de masselotte nécessaire.

Il faut effectuer l'opération de fabrication des masselottes de plomb à l'air libre et prendre garde de ne pas respirer les vapeurs de plomb. Si vous faites l'opération à l'intérieur, vous ne souffrirez pas pour autant de saturnisme ou d'une insuffisance rénale aigue, mais toutefois respirer des vapeurs de plomb n'est pas recommandable.

On découpe ensuite les barres de plomb tous les 7 centimètres, les masselottes vont ainsi mesurer 1 X 1 X 7 cm.

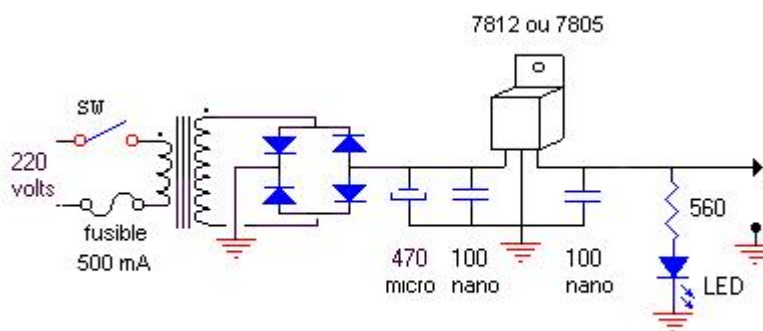
Bien qu'ayant besoin de 85 masselottes, il faut en confectionner une centaine car ensuite on va peser chaque masselotte et faire un classement par poids pour ne prendre celles dont les poids est compris dans l'intervalle 75 ± 5 grammes. Comme les touches noires sont moins longues, j'ai mis les masselottes les plus lourdes sur les touches noires.

Chaque masselotte est vissée sur une touche.

Enfin on dispose autour des pivots situés sous les touches, un ressort de pression de diamètre intérieur de 3 mm de 2 cm de haut et exerçant quand il est complètement comprimé, une force de 80 grammes (vous vous procurerez des ressorts exerçant une force différente selon le type de toucher que vous voulez obtenir).

Description électronique

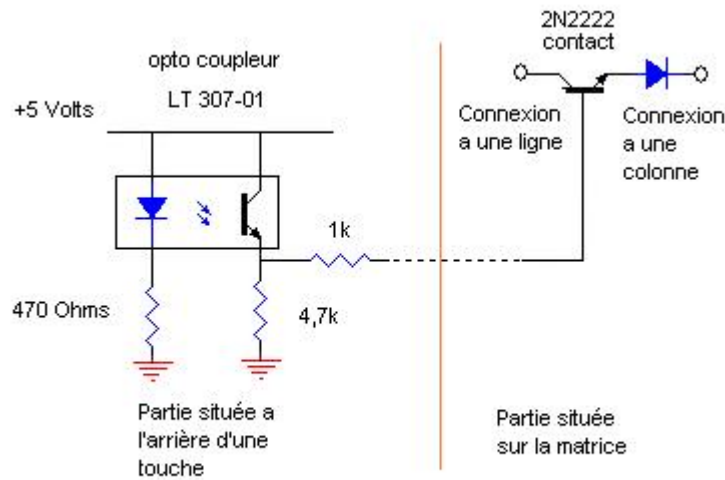
L'alimentation comporte un pont de diodes, des condensateurs de filtrage et un régulateur (7812 et 7805). L'alimentation 12 volts et l'alimentation 5 volts destinés aux fourches optiques sont munies de radiateurs.



Alimentations

Chaque carte comporte une diode de protection (diode de redressement type 1N4001) avant le régulateur 7805 ; cette diode évite les dégâts quand on intervertit les fils d'alimentation par mégarde, ce qui n'est pas du tout exceptionnel.

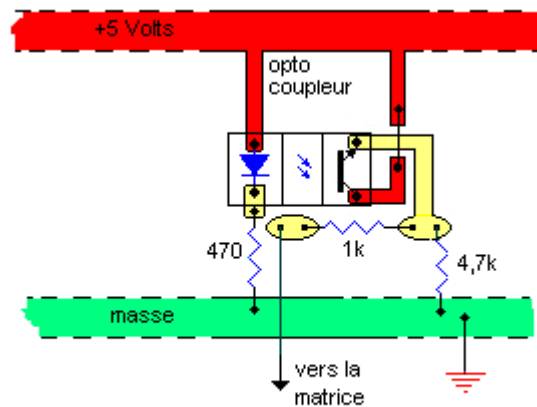
Opto coupleurs (ou fourches optiques) des touches.



Interrupteur d'une touche

Chaque touche selon sa position occulte ou non un opto coupleur. Les 85 opto coupleurs sont disposés sur un circuit imprimés, chaque opto coupleur se trouvant exactement à l'arrière d'une touche. Attention, la représentation de l'opto coupleur ne correspond pas à sa disposition réelle, la cathode de la diode et l'émetteur du phototransistor ne sont pas du même côté. Sur le schéma représentant le circuit imprimé ci-dessous, la représentation de l'opto coupleur est exacte.

Le circuit imprimé est vu par dessus, les pistes sont donc en dessous.



Circuit imprimé des 85 opto coupleurs représentation d'un opto coupleur

Il faut réaliser un circuit imprimé qui fait toute la longueur du clavier (116 cm pour mon piano, en fait j'ai fait 3 circuits, et de 5 cm de hauteur) où seront disposées les fourches optiques. Les fourches devront être situées exactement derrière les touches, c'est là la seule difficulté.

J'ai réalisé un gabarit en contreplaqué mince qui repère l'emplacement des trous correspondant à 10 fourches optiques consécutives, ce qui me permet dans un premier temps, de percer les trous dans le circuit imprimé, trous où seront soudées les fourches optiques.

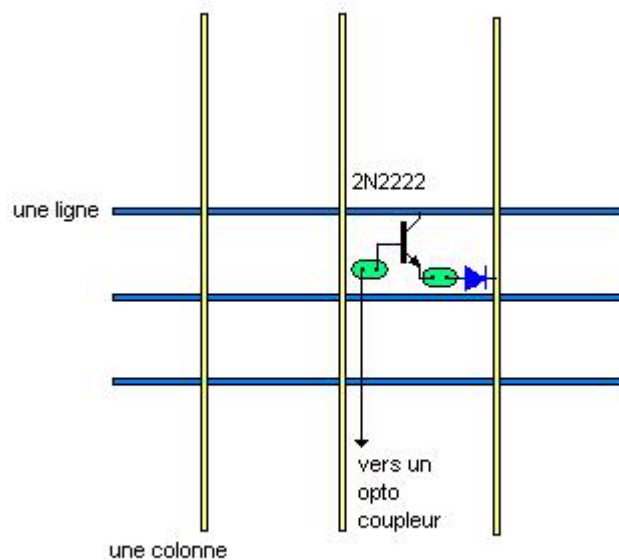
Une fois tous les trous percés, vous enfichez les fourches dedans et vérifiez que les fourches sont bien en face des touches.

Une fois cette opération réussie, vous masquez les zones que le chlorure ferrique (perchlorure de fer pour les commerçants) doit épargner avec du vernis à ongle car le tracé de ce circuit imprimé est relativement grossier (seul l'emplacement des fourches optiques est très précis).

Il faut disposer aux deux extrémités de ce circuit entre le +5 volt et la masse un condensateur (dit de découplage) électrolytique de 1000 micro Fd sous 15 volts. En son absence, j'ai observé des accrochages qui se manifestaient par le fait que toutes les notes du clavier se mettaient à jouer de temps en temps.

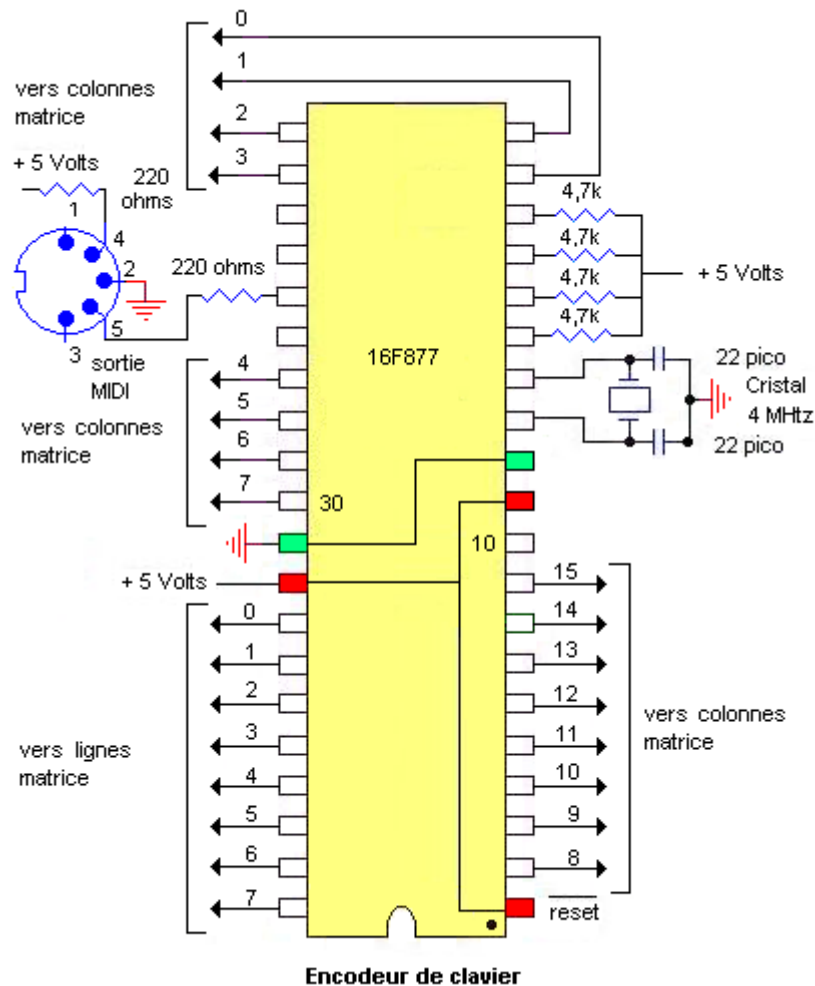
La **matrice** comporte 8 lignes et 16 colonnes. On a la possibilité de générer 128 notes, ici on n'a besoin que des 85 notes du clavier de piano (beaucoup de pianos comportent 88 notes). La matrice est réalisée sur un circuit imprimé double face ; Ici encore, ce circuit peut être fait assez sommairement avec du vernis à ongle. Sur une face, on dispose les lignes et sur l'autre face les colonnes ainsi qu'une pastille (en vert sur le schéma) où se soude la base de chaque transistor 2N2222 et le fil qui vient de l'émetteur du transistor de l'opto coupleur via une résistance de 1K et d'autre part la pastille où se soude l'émetteur du 2N2222 et l'anode de la diode (pour petits signaux de type 1N4148).

Chaque transistor 2N2222 qui fonctionne en commutateur, voit donc son collecteur relié à une ligne et son émetteur relié à une colonne via un diode.



Un élément de la matrice

L'encodeur de clavier est fait à partir d'un encodeur muni d'un 16F877 et de son code que décrit Tom Scarff (<http://tomscarff.tripod.com/key2midi/key2midi.htm/>) dont j'ai du modifier le schéma électronique car cet encodeur qui fonctionne très bien avec des interrupteurs ne fonctionne plus avec des interrupteurs électroniques du fait de l'impédance de ce type d'interrupteur.



Noter les 4 résistances de 4,7K sur les pattes 15 à 18 qui sélectionnent le canal 1. Si l'on dispose 4 interrupteurs DIL mettant à la masse ou à +5 volts ces pattes on peut alors encoder en binaire le numéro du canal sur lequel on veut transmettre les données MIDI.

Le code assembleur et hexa décimal de l'encodeur de clavier est disponible à l'adresse : <http://tomscarff.tripod.com/downloads/downloads.htm> cliquer sur **MKE-877** et **MKE877S**

Circuit de pédales (optocoupleurs + encodeur) : J'ai fait un circuit spécialement pour les pédales droite dite de maintien ("sustain pedal") et gauche dite d'étouffement ("soft pedal"). J'ai pris le même schéma que celui de l'encodeur de clavier et ai programmé le 16F877 avec le logiciel PicBasic Pro compiler qui seul permet de générer des signaux à 31250 bauds, vitesse de transmission des signaux MIDI. Voici le programme source :

```

*****
* Name      : Pedale-MIDI-16F877.pbp
* Author    : Jean-Paul MOULIN
* Notice    : Copyright (c) 2006
* Date      : 25/03/06
* Version   : 2.0
*          :

```

```

*****
define osc 4

define hser_rcsta 90h           'enable the receiver register
define hser_txsta 20h          'enable the transmit register
define hser_baud 31250         'set the baud rate
TRISB = $ff                    'port b readable

ped_d_enf var byte
ped_g_enf var byte
ped_d_enf = 0                  'au repos les pedales ne sont pas
ped_g_enf = 0                  'enfoncees

Main :

'pedale maintien ou sustain pedal
'si pedale D n'etait pas enfoncee et signal qu'on appuie dessus
if (ped_d_enf = 0) and (portb.0 = 0) then
    hserout [$B0, $40, $7F]
    ped_d_enf = 1
endif

'si pedale D etait enfoncee et signal qu'on n'appuie plus dessus
if (ped_d_enf = 1) and (portb.0 = 1) then
    hserout [$B0, $40, $00]
    ped_d_enf = 0
endif

'pedale etouffement ou soft pedal
'si pedale G n'etait pas enfoncee et signal qu'on appuie dessus
if (ped_g_enf = 0) and (portb.1 = 0) then
    hserout [$B0, $43, $7F]
    ped_g_enf = 1
endif

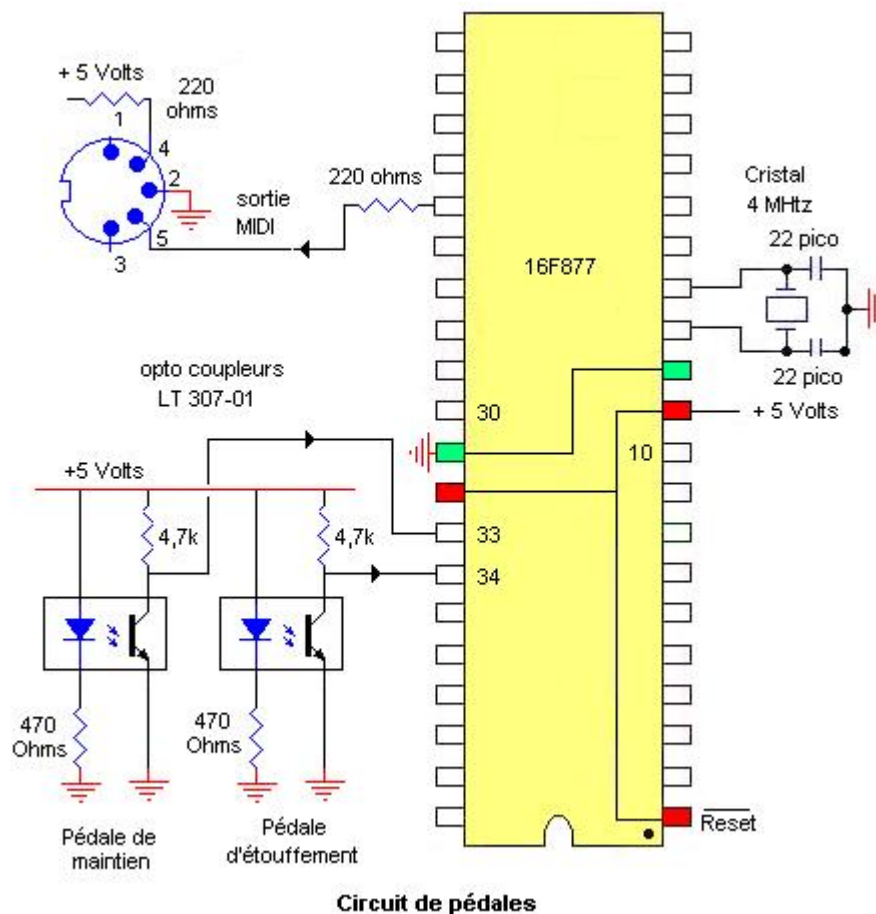
'si pedale G etait enfoncee et signal qu'on n'appuie plus dessus
if (ped_g_enf = 1) and (portb.1 = 1) then
    hserout [$B0, $43, $00]
    ped_g_enf = 0
endif

goto main

end

```

Les opto coupleurs des pédales ont un câblage légèrement différent de ceux du clavier, le signal de commutation étant prélevé sur le collecteur.



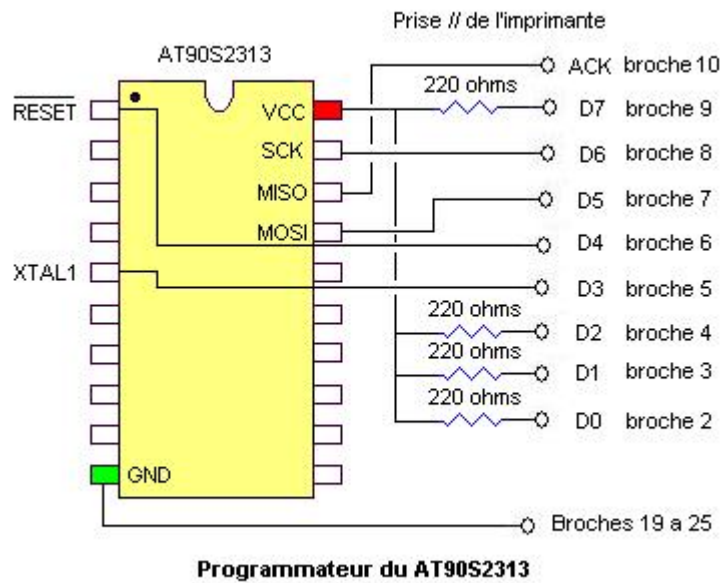
Il faut ensuite mélanger les signaux issus de l'encodeur de clavier et celui qui génère le signal des pédales avec un mélangeur MIDI.

Mélangeur MIDI : J'ai réalisé le montage que l'on trouve dans le revue Elektor de mai 2000 sous le titre "Midi Merger".

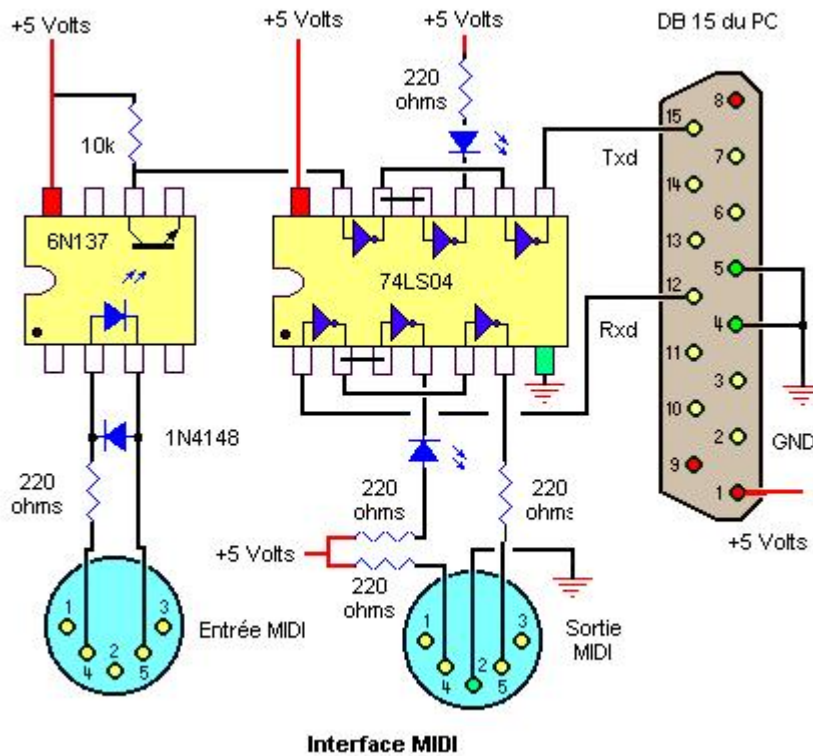
J'ai rencontré une difficulté avec ce montage : Ce circuit envoie des signaux d'identification aux différents instruments et faute de réponse de ceux-ci, ce qui est le cas ici, le mélangeur génère un signal de reset pour chaque signal de note émise ce qui est fort gênant. J'ai du contacter l'auteur de l'article qui a mis fort aimablement à ma disposition le logiciel retouché ne générant plus ce signal d'identification que vous pouvez télécharger sur mon site.

Ce mélangeur MIDI utilise deux micro contrôleurs AT90S2313 d'Atmel. Vous téléchargez le programme du micro contrôleur A sur le site de la revue Elektor. Le micro contrôleur B correspondant au logiciel retouché se télécharge sur mon site.

Ci dessous le programmeur du micro contrôleur AT90S2313 vous permettant de programmer les contrôleurs A et B.



Interface MIDI/RS232 : J'ai réalisé le montage décrit dans la revue Elektor d'avril 2001 pages 8 à 13. Si votre PC possède un port DB15, vous pouvez vous passer de ce montage et entrer les signaux issus du mélangeur midi dans ce port. Il faut dans ce cas faire une interface midi/port DB15 de la carte son ou de la carte mère. Certains montages inversent les fils 4 et 5 sur la fiche entrée DIN. Voici un montage que j'ai réalisé en deux exemplaires et fonctionnant très bien :



Marche du travail

Je vous conseille tout d'abord de vous procurer une épave de piano qui se donne mais ne s'achète pas, bon nombre de marchands de piano vous proposent en effet de vous vendre une telle épave. Il faut ensuite que vous isoliez le clavier et que vous le munissiez des masselottes en plomb et des ressorts de pression.

Ensuite vous réalisez l'alimentation 12 volts et l'encodeur de clavier ; pour l'encodeur qui est un montage simple, je ne fais pas de circuit imprimé mais je fais un câblage sur une carte 16 sur 10 cm à trous pré étamés ; les circuits intégrés sont montés sur support.

Repérez la patte 1 de chaque circuit intégré par une tache de vernis à ongle avec une tache lui correspondant sur le circuit imprimé, cela évite d'enficher un circuit intégré à l'envers ce qui finit par arriver lors de la fébrilité des premiers essais.

Vérifiez les tensions d'alimentation sur les supports des circuits intégrés avant de les enficher la première fois.

Il faut programmer ensuite le 16F877. On ne rencontre qu'une difficulté, celle de cocher les bons fusible sous peine de ne pas voir fonctionner le Pic. Pour l'encodeur de clavier, il faut cocher PWRTE et BODEN, pour l'oscillateur, on coche HS ; enfin ne cochez pas la case empêchant la relecture des données car vous déclencheriez un message d'erreur lors de la vérification.

On met ensuite la carte en codeuse de clavier sous tension et on connecte n'importe quelle ligne avec n'importe quelle colonne par l'intermédiaire d'une résistance de 220 ohms, on doit pouvoir à ce moment là voir un signal apparaître sur la sortie midi du Pic (patte 25), faute d'oscilloscope, on peut détecter ce signal qui fait plusieurs volts d'amplitude avec une led ou un contrôleur universel à cadre mobile sur la position 3 volts, on voit alors frétiller l'aiguille. On doit voir encore un signal quand on rompt le contact.

Vous confectionnez ensuite l'interface midi qui adapte ces signaux à la prise midi, et vous pouvez alors ayant téléchargé, installé et configuré l'excellent logiciel gratuit MidiOx (<http://www.midiox.com/>) voir les signaux midi s'afficher sur ce moniteur et entendre les sons correspondants via le petit synthétiseur fourni sur les plateformes Windows.

Une fois atteint cette étape le reste demande du travail (beaucoup) mais le but est proche.

Il faut réaliser le (ou les) circuit imprimé qui supporte les fourches.

N'oubliez pas les deux condensateurs de découplage électrolytique de 1000 micro Fd sous 15 volts aux extrémités de ce circuit imprimé.

Quand ce circuit est terminé, on le met sous tension et on vérifie que le potentiel de chaque émetteur des opto transistors est à 0 volt quand la touche n'est pas jouée et 3 ou 4 volts quand la touche est jouée. Il y a une grande dispersion des caractéristiques des opto transistors ce qui fait que les tensions lues entre son émetteur et la masse quand le l'opto transistor est passant varient de 2 à 4,8 volts.

On réalise ensuite le circuit imprimé correspondant à la matrice et on implante les diodes petit signal (1N4148) et les 2N2222. On n'implante les diodes et les transistors que pour les lignes et les colonnes correspondant à la zone entourée de rouge dans le tableau ci-après car on a besoin d'encoder 85 notes seulement (et non 128).

Ensuite on relie l'émetteur de chaque opto transistor à la base d'un 2N2222 situé sur la matrice ; commencer par relier le Do 4 qui correspond au do du milieu du clavier. Le schéma ci-dessous facilite ce câblage. Je vous conseille, chaque fois que vous avez câblé une octave, de mettre le montage sous tension et de vérifier par l'écoute que vous n'avez pas fait d'erreur de câblage car il vaut mieux se rendre compte d'un décalage de câblage pour 12 notes que pour toutes les notes du clavier ! J'ai entouré en rouge les 85 notes correspondant au clavier (qui va du La0 au La7) que j'ai récupéré et

E7	Ab6	C6	E5	Ab4	C4	E3	Ab2	C2	E1	Ab0	C0	F0
F7	A7	Db6	F5	A5	Db4	F3	A3	Db2	F1	A1	Db0	E0
Gb7	Bb7	D6	Gb5	Bb5	D4	Gb3	Ab3	D2	Gb1	Bb1	D0	Gb0
G7	B7	Eb6	G5	B5	Eb4	G3	B3	Eb2	G1	B1	Eb0	G0
Ab7	C7	E6	Ab5	C5	E4	Ab3	C3	E2	Ab1	C1	E0	Ab0
A8	Db7	F6	A6	Db5	F4	A4	Db3	F2	A2	Db1	F0	A0
Bb8	D7	Gb6	Bb6	D5	Gb4	Bb4	D3	Gb2	Bb2	D1	Gb0	
B8	Eb7	G6	B6	Eb5	G4	B4	Eb3	G2	B2	Eb1	G0	

Plan nom de notes sur la matrice

mis en vert le Do du milieu du piano.

On réalise le circuit des pédales et leur circuit opto coupleur, travail similaire à la fabrication de l'encodeur de clavier puis on réalise le mélangeur midi.

Les fusibles à cocher pour lors de la programmation du Pic de l'encodeur des pédales sont : WDT, PWRT, et BODEN, pour l'oscillateur on coche HS et on ne coche aucun autre fusible ni le masquage des données (mémoire programme non protégée) empêchant la relecture de celles ci.

Le logiciel MidiOx qui est un moniteur midi permet d'analyser le signal généré par l'enfoncement et le relâchement des pédales (qui ne génèrent aucun son)

Lorsque tout fonctionne bien, les cartes sont proprement montées à l'arrière de la planche sur laquelle est vissé le clavier puis on réalise la boîte qui enferme le clavier que l'on vernit de plusieurs couches. Je n'ai pas fermé complètement cette boîte à l'arrière car le 7805 qui alimente les opto coupleurs et le 7812 de l'alimentation générale libèrent un peu de chaleur.

Les câbles de liaison : il y a 3 câbles de liaison midi (prises DIN 5 broches 180 degrés mâles mâles) reliant le mélangeur aux cartes d'encodeuse de clavier et en codeuse de pédales et un câble allant de la sortie du mélangeur midi à l'entrée de l'interface RS232.

Un câble reliant les opto coupleurs des pédales situés au niveau du plancher du piano à la carte en codeuse des pédales qui est aussi un câble ayant à ses extrémités de prise din mâles et 4 conducteurs qui sont respectivement : +5 volts, masse, signal opto coupleur pédale maintien et signal opto coupleur pédale d'étouffement.

Tous ces câbles sont donc symétriques, les deux extrémités étant permutables.

La base du piano sur laquelle les pédales s'articulent ont été flanquées de part et d'autre de deux planches dont les extrémités supérieures soutiennent une planche de 60 sur 120 sur laquelle on va pouvoir poser le piano.

J'ai aussi récupéré le porte partitions que j'ai monté en l'articulant avec une planche par des charnières et calé par des crémaillères de bibliothèque.

Conclusion

Ce montage avec sa mécanique de touches qui comporte un élément élastique (le ressort) et un élément inerte (la masselotte) permet vraiment de bien pouvoir travailler sa vélocité. Je trouve que le toucher est très sensible ne pardonnant pas l'imprécision, ce qui permet de bien travailler l'exactitude du point de pression des touches.

Les sons du logiciel Boesendorfer sont vraiment très beaux et jouer ou déchiffrer sont un grand plaisir avec cet instrument.

Ce piano ne permet pas de faire ses sons comme avec un piano réel et n'a aucune prétention de se substituer au vrai instrument mais il permet de jouer silencieusement la nuit par exemple et de répéter sans sentiment de honte vis à vis de pauvres auditeurs des centaines de fois un passage difficile.

J'espère pouvoir construire et décrire bientôt un piano avec codage de la vélocité.