

Piano Stairs

descriptif de la conception et des programmes associés.

Copyright (C) 2013 taprik

- * The conception and softwares of Piano Stairs is free : you can redistribute it and/or modify
- * it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published
- * by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
- * (at your option) any later version.
- *
- * Piano Stairs is distributed in the hope that it will be useful,
- * but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
- * MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
- * GNU Lesser General Public License for more details.
- *
- * You should have read a copy of the GNU Lesser General Public License
- * along with Piano Stairs. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.

Le contexte

Remo Saraceni était invité par le Jardin Moderne à présenter son oeuvre Piano Stairs dans le cadre du festival Jardin Numérique.

Il n'est finalement pas venu et n'a transmis aucun élément technique. J'ai été contacté une semaine avant l'inauguration prévue, afin de réinventer cette installation.

Cet article présente ce j'ai conçu et ce que nous avons réalisé. Je l'écris à l'heure du démontage. Nous enregistrons peu de défaut sur cette installation fonctionnelle de 8h à 22h depuis mercredi midi. Je tiens tout particulièrement à saluer le travail spectaculaire d'une équipe, à l'heure où un seul nom est visible sur la toile : celui de l'absent.

Supers Mercis donc à Cécile, Aline, Gaétan, Olive, John, Cyril, Mathias, David, Maël, Gwendal.

EDIT : Après examen des capteurs une fois démontés il apparait une déformation importante du substrat, qui exclu un remontage ou une remise en service.

Ce qui suit présente une manière de réaliser un escalier sensitif à moindre coût et dans un faible délai. Je ne pourrais en aucun cas être tenu responsable des conséquences financières ou humaines de l'utilisation des éléments ci-après.

La conception, ainsi que les programmes informatiques associés sont fournis sous licence GNU GPL 3.0

L'installation

Le concept de l'installation est de transformer l'escalier de sortie extérieure d'une station de métro en piano. A chaque marche doit correspondre une note. C'est la station Charles de Gaulle qui a été choisie.

Les contraintes étaient les suivantes :

- un temps très court pour la recherche de la technologie appropriée,
- pas de possibilité d'approvisionnement en composants électroniques complexes (délais trop courts),

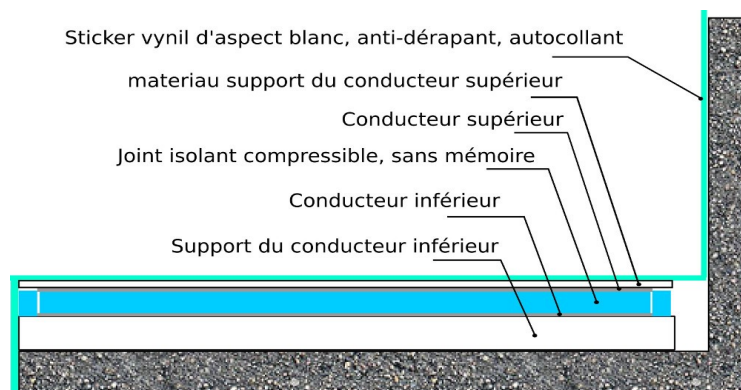
- choisir une technologie que puisse s'approprier l'ensemble de l'équipe et des bénévoles intervenant sur cette opération en un temps très court,
- un temps de mise en oeuvre court,
- choisir une technologie qui puisse être soumise aux intempéries. La sortie de métro est couverte et les cloisons sont faites d'un bardage ajouré. L'humidité peut aisément entrer dans cet escalier.
- pouvoir tout trouver au magasin de bricolage du coin.
- la fabrication de stickers vynil auto-collants blanc et noir, aux dimensions de l'escalier, a été lancée. Ces vynils recouvriront totalement l'escalier (marchez et contre-marches) et dessineront le clavier.
- Il y a 22 marches,
- L'ordinateur qui jouera les sons est situé dans une galerie technique, loin de l'escalier.

Le capteur

Au terme d'une journée de recherche et une demi-journée d'essai, une seule solution me semblait jouable : celle de pads "fait maison". C'est une technique qui sert à faire des pads sur des surfaces quelconques, que l'on déclenche avec les pieds, une baguette, ... En fonction de la qualité de la réalisation ces types de pads peuvent tenir peu de temps ou "un certain temps". C'est le défaut de la technique.

Le principe est simple, il s'agit de réaliser un "sandwich" où deux conducteurs sont séparés par une mousse ajourée. Quand on écrase le sandwich les deux conducteurs entrent en contact. Quand on relâche la mousse sépare les deux conducteurs. Le tour est joué.

Le schéma ci-dessous présente ce "sandwich" appliqué à l'escalier du metro



Les composants choisis ont été les suivants :

- Pour le support du conducteur inférieur : du lineau, premier prix, mais suffisamment consistant pour gommer un maximum les reliefs de l'escalier
- Les conducteurs inférieur et supérieur sont réalisés par du gaffeur aluminium
- Le joint isolant est du joint de fenetre taille 2 à 3 mm comme celui de l'image ci-dessous. C'est le composant critique sur ce type d'installation.
- Le materiau support du conducteur supérieur est de la nappe de table, premier prix

La technologie numérique permettant d'exploiter ces capteurs (assimilés à des boutons) sera un arduino Mega, équipé d'un ethernet shield et de Max6 pour la partie logicielle sur l'ordinateur distant.

La préparation

Avant d'aller sur le terrain poser tout ça, il est nécessaire de préparer les sandwiches.



cette préparation consiste à composer les deux couches supportant les conducteurs ainsi que les joints, les raccorder électriquement.

La préparation de la couche inférieure :

- découper des bandes de lineaux plus petites, en longueur et largeur, que la marche.

- coller des bandes gaffeurs alu dans le sens de la longueur,
- coller des bandes de joints sur la partie venant au niveau de l'attaque de la marche, puis sur le fond et perpendiculairement aux bandes de gaffeurs alu, tous les deux cm. Le joint doit impérativement être perpendiculaire aux bandes gaffeurs alu.



Sur les photos ci-dessous les couches inférieures sont presque finies. Il leur manque une bande de joint longitudinalement.

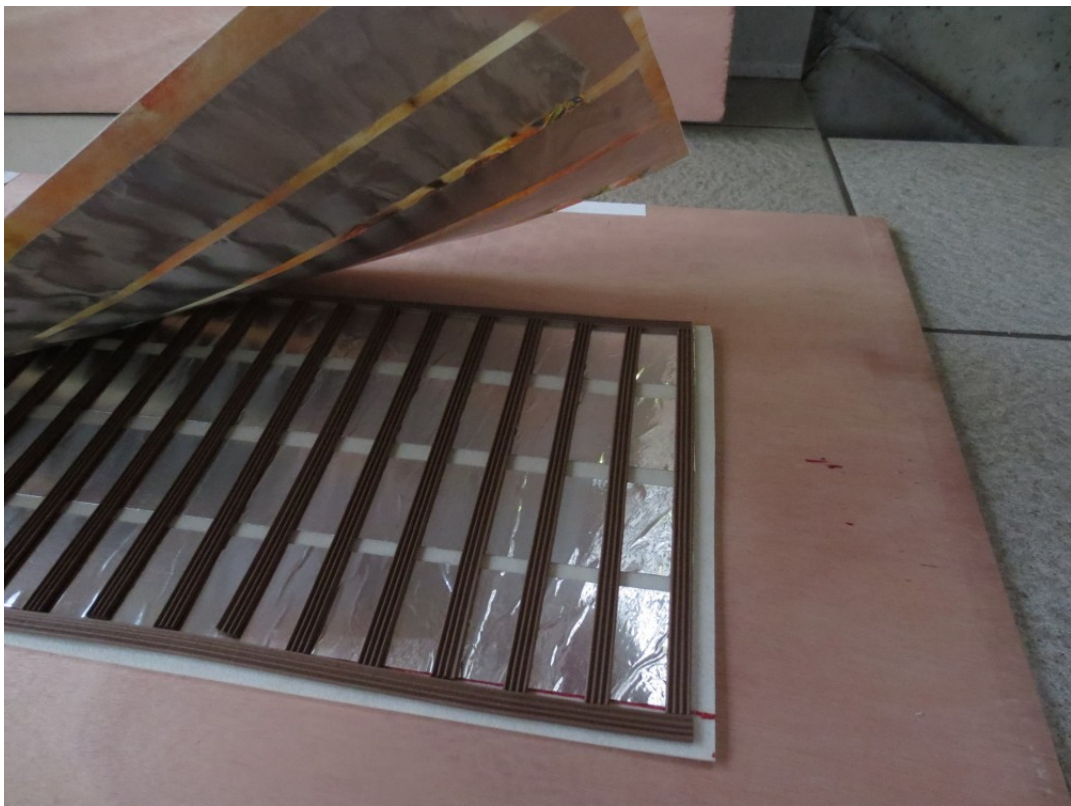
La préparation de la couche supérieure :

- découper des bandes de nappe aux mêmes dimensions que la couche inférieure
- coller des bandes de gaffeurs aluminium dans le sens de la longueur





Le sandwich une fois assemblé doit ressembler à ça



Le câblage

Pour le cablage j'ai utilisé une chute de câble réseau. Comme vous le savez le câble réseau est composé de 8 fils. ça convient parfaitement car nous avons 4 bandes de gaffeurs aluminium sur chaque face. Par chance, la chute que j'utilisais était composée de câbles rigides. C'était plutôt appréciable car le fil est juste gaffé (au gaf alu) sur la bande gaffe aluminium, donc plus il a de consistance, mieux c'est. Par sécurité j'ai ajouté un câble joignant toutes les bandes.



Triple check de chaque connection. Quand on est sûr on ajoute une morceau de lineau dessus afin de bien isoler le tout.



La même chose est effectuée du côté de la nappe supérieure avec l'isolant en lineau en moins.

La pose

Après avoir bien nettoyer les marches ont pose des bandes de double-face, puis les sandwichs. Puis on vient les "fermer" sur les quatre cotés à l'aide de gaffeurs toilés blanc. ça donne ça (sur la photo ci-dessous on a déjà commencé à poser le double face destiné au collage des stickers d'habillage).



On distingue bien le relief que créé les bandes de joints de fenêtres.

Comme dit plus haut, on pose du double face sur les sandwichs pour préparer la pose des stickers autocollants. Puis on vient poser les stickers auto-collants.



Avec les stickers de contre marche et les bandes de joints on obtient un composé qui semble se mouler à l'escalier et être à l'épreuve du climat breton.

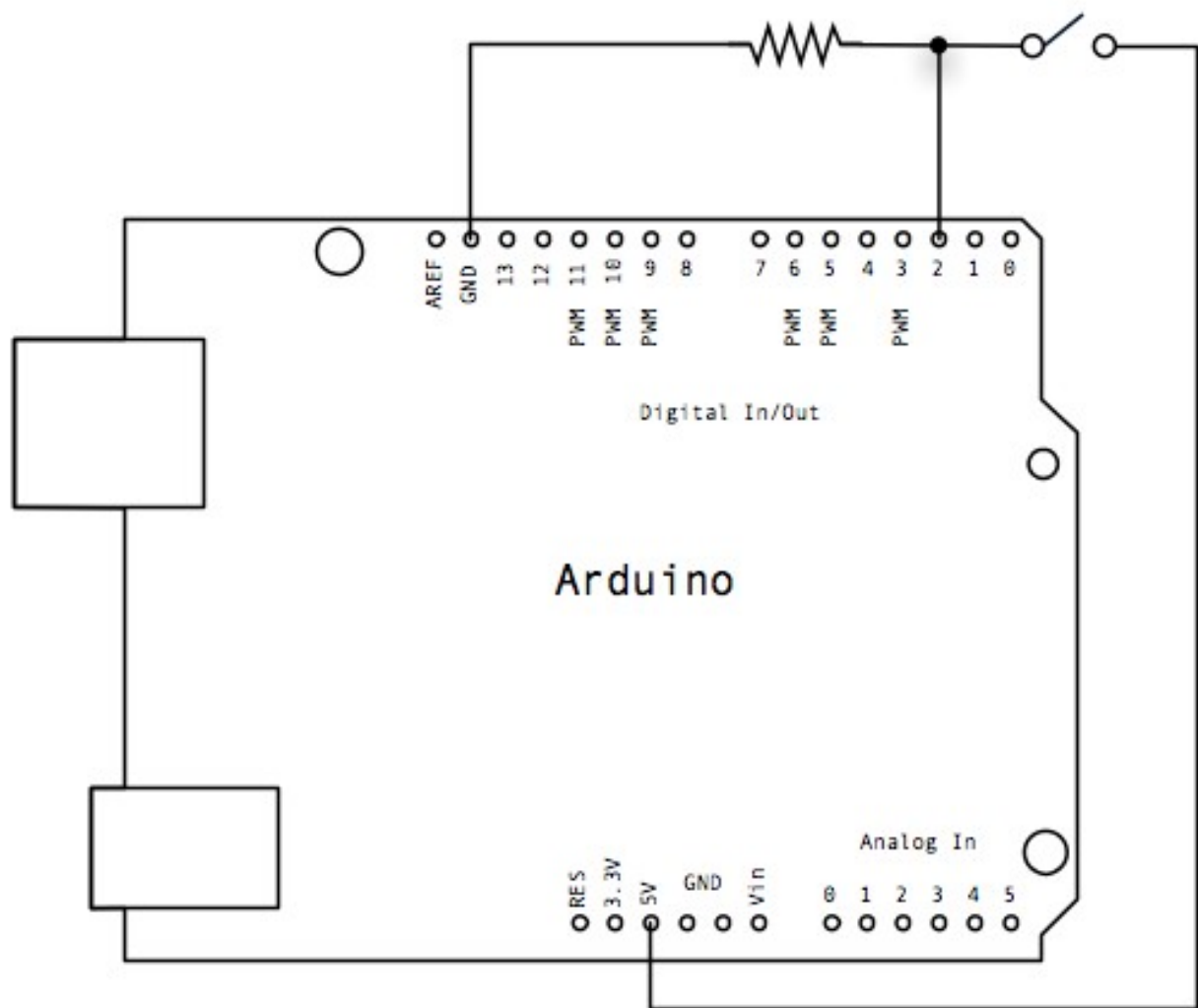


Il reste à raccorder des rallonges électriques à nos capteurs afin d'aller

jusqu'à l'arduino, en bas de l'escalier. Les rallonges seront composées à l'aide de câble micro (blindé).

L'interface électronique

Comme je l'ai dit elle est composée d'un arduino. En effet chaque capteur est à considérer comme un bouton poussoir à simple position. Le câblage de ce type de capteur est trivial, vous le trouverez facilement documenté sur le web. Voici le schéma pour un bouton, pour 22, il faut dupliquer 22 fois le même principe.



La résistance de délestage utilisé ici est de 10 kOhm.

Lors des essais, j'avais utilisé un son de piano de mon ordinateur, puis je me suis rapidement dit qu'il serait tout aussi intéressant de pouvoir jouer d'autres sons avec ces marches, voire même de pouvoir disposer d'un bouton afin d'en changer à la demande. J'ai donc proposé une modification au projet initial afin d'avoir un gros bouton à la disposition du public pour changer les sons joués (23 boutons en tout, donc).

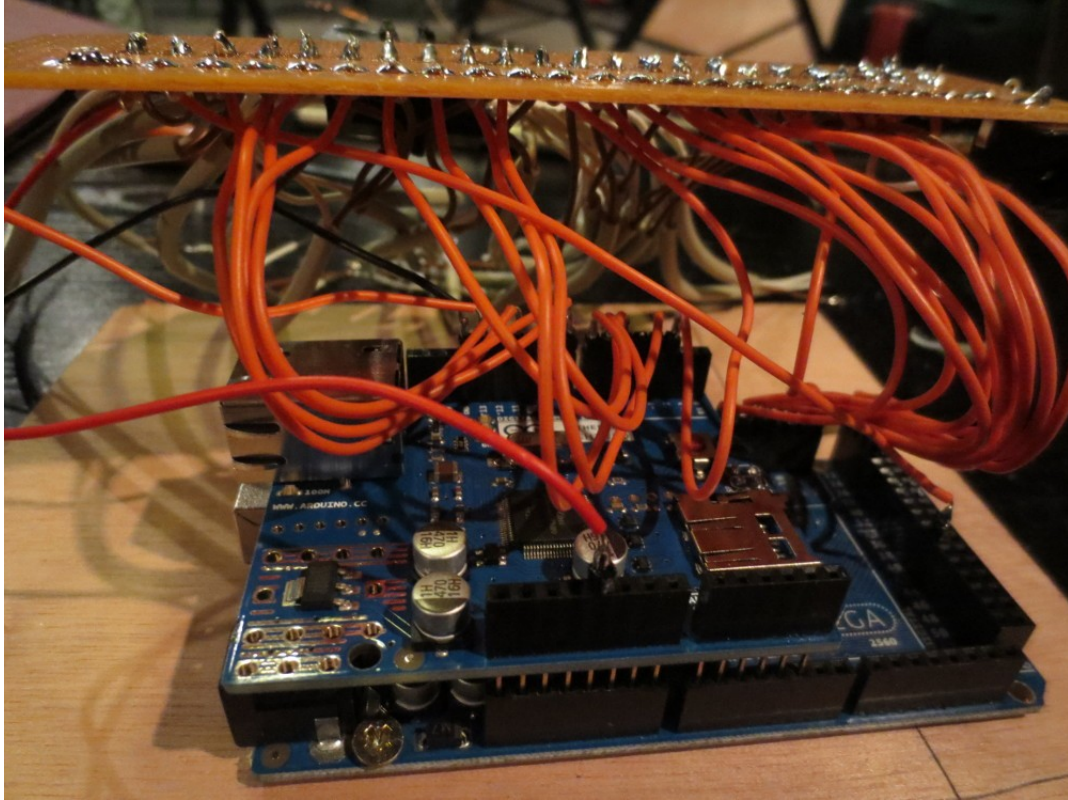
L'ordinateur étant distant de l'escalier, j'ai opté pour un shield ethernet sur l'arduino permettant d'envoyer les infos de l'arduino avec un seul câble réseau.

Le programme de l'arduino est disponible en annexe

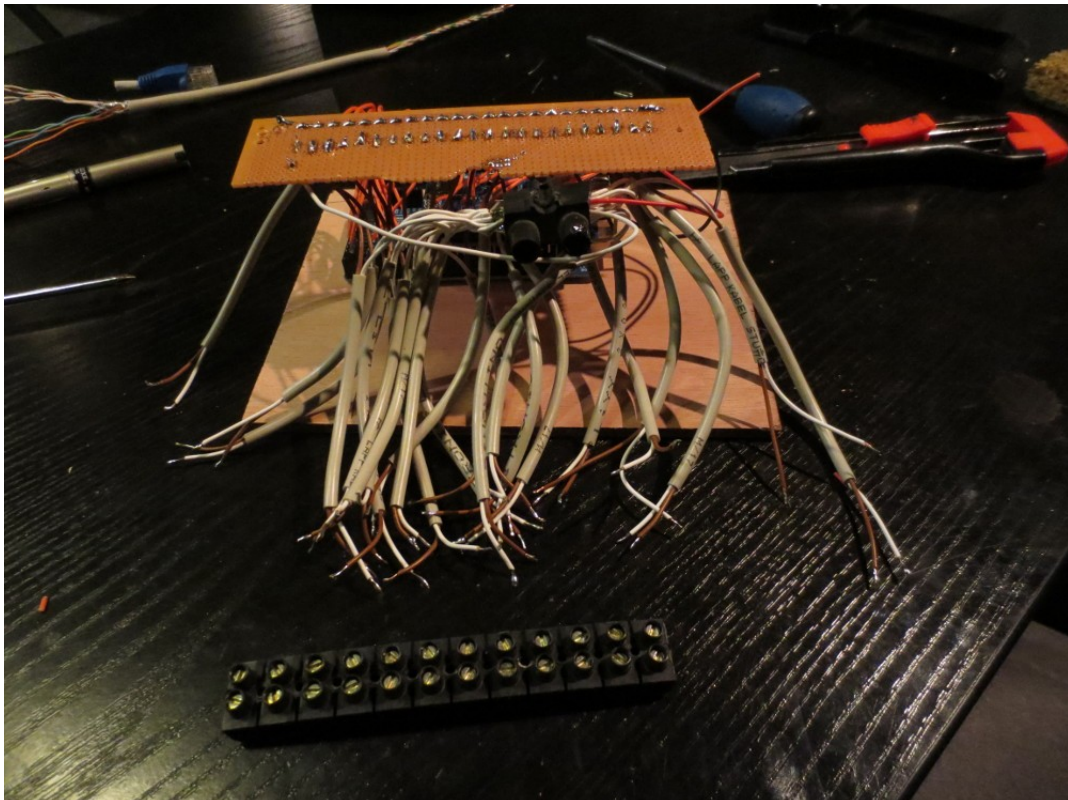
Il est à noter que pour utiliser ce type de programme, il est nécessaire de fixer l'IP de l'ordinateur distant (ici le mien est fixé à 192.168.1.170 et je reçois les infos sur le port 4141).

On notera aussi l'utilisation d'une fonction (checkAndTell) dans le loop et le passage par référence d'un booléen.

Voici quelques photos de la partie électronique. Avec un peu de temps on peut faire bien mieux que ça....



<



Les fils gris, aux extrémités marrons et blanches sont les 23 double-contacts qui vont être reliés à nos capteurs et le bouton de changement de sons.

Le patch Max6

Le patch est disponible en annexe.

Vous aurez besoin de la bibliothèque RTC disponible à <http://www.essl.at/works/rtc.html>

Le principe est de faire jouer le synthétiseur du système. C'est ici paramétré pour utiliser le synthé de l'OSX. Pas sur que vous obteniez les mêmes résultats sur Windows.

Annexes

Programme Arduino

```
/*
 *
 * Piano Stairs
 * Copyright (C) 2013 taprik
 *
 *
 * Piano Stairs is free software: you can redistribute it and/or modify
 * it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published
 * by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
 * (at your option) any later version.
 *
 * Piano Stairs is distributed in the hope that it will be useful,
 * but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
 * MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
 * GNU Lesser General Public License for more details.
 *
 * You should have read a copy of the GNU Lesser General Public License
 * along with Piano Stairs. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.
 *
 */
*****/

#include <SPI.h>          // needed for Arduino versions later than 0018
#include <Ethernet.h>
#include <Udp.h>          // UDP library from: bjoern@cs.stanford.edu 12/30/2008

// Enter a MAC address and IP address for your controller below.
// The IP address will be dependent on your local network:
byte mac[] = {
  0x90, 0xA2, 0xDA, 0x00, 0x03, 0xBE };
byte ip[] = {
  192,168,1,177 };

unsigned int localPort = 8888;      // local port to listen on

// Enter a IP and the port of the computer connected to the ethernet shield
byte ipPC[] = {
  192,168,1,170 };
int portPC = 4141;

//the steps of the stairs
int deux = 0;
int trois = 0;
int cinq = 0;
int six = 0;
int sept = 0;
int huit = 0;
int neuf = 0;
int onze = 0;
int douze = 0;
int treize = 0;
int quatorze = 0;
int quinze = 0;
int seize = 0;
int dixsept = 0;
int dixhuit = 0;
int dixneuf = 0;
int vingtdeux = 0;
int vingtquatre = 0;
```

```

int vingtsix = 0;
int vingthuit = 0;
int trentequatre = 0;
int trentesix = 0;
// bumper for synth change
int trentedeux = 0;
//some booleans associated with the steps
boolean deuxState = false;
boolean troisState = false;
boolean cinqState = false;
boolean sixState = false;
boolean septState = false;
boolean huitState = false;
boolean neufState = false;
boolean onzeState = false;
boolean douzeState = false;
boolean treizeState = false;
boolean quatorzeState = false;
boolean quinzeState = false;
boolean seizeState = false;
boolean dixseptState = false;
boolean dixhuitState = false;
boolean dixneufState = false;
boolean vingtdeuxState = false;
boolean vingtquatreState = false;
boolean vingtsixState = false;
boolean vingthuitState = false;
boolean trentedeuxState = false;
boolean trentequatreState = false;
boolean trentesixState = false;

//----- S E T U P -----
void setup() {

    // start the Ethernet and UDP:
    Ethernet.begin(mac,ip);
    Udp.begin(localPort);

    //Set the inputs
    pinMode(2, INPUT);
    pinMode(3, INPUT);
    pinMode(5, INPUT);
    pinMode(6, INPUT);
    pinMode(7, INPUT);
    pinMode(8, INPUT);
    pinMode(9, INPUT);
    pinMode(11, INPUT);
    pinMode(12, INPUT);
    pinMode(13, INPUT);
    pinMode(14, INPUT);
    pinMode(15, INPUT);
    pinMode(16, INPUT);
    pinMode(17, INPUT);
    pinMode(18, INPUT);
    pinMode(19, INPUT);
    pinMode(22, INPUT);
    pinMode(24, INPUT);
    pinMode(26, INPUT);
    pinMode(28, INPUT);
    pinMode(32, INPUT);
    pinMode(34, INPUT);
    pinMode(36, INPUT);

```

```

    //Set the baud rate
    Serial.begin(9600);
}

//----- L O O P -----
void loop() {
    //Read the digital inputs
    deux = digitalRead(2);
    trois = digitalRead(3);
    cinq = digitalRead(5);
    six = digitalRead(6);
    sept = digitalRead(7);
    huit = digitalRead(8);
    neuf = digitalRead(9);
    onze = digitalRead(11);
    douze = digitalRead(12);
    treize = digitalRead(13);
    quatorze = digitalRead(14);
    quinze = digitalRead(15);
    seize = digitalRead(16);
    dixsept = digitalRead(17);
    dixhuit = digitalRead(18);
    dixneuf = digitalRead(19);
    vingtdeux = digitalRead(22);
    vingtquatre = digitalRead(24);
    vingtsix = digitalRead(26);
    vingthuit = digitalRead(28);
    trentedeux = digitalRead(32);
    trentequatre = digitalRead(34);
    trentesix = digitalRead(36);

    //check if state change and send udp info
    //for each step and the synth change
    checkAndTell(deux, deuxState, 2);
    checkAndTell(trois, troisState, 3);
    checkAndTell(cinq, cinqState, 5);
    checkAndTell(six, sixState, 6);
    checkAndTell(sept, septState, 7);
    checkAndTell(huit, huitState, 8);
    checkAndTell(neuf, neufState, 9);
    checkAndTell(onze, onzeState, 11);
    checkAndTell(douze, douzeState, 12);
    checkAndTell(treize, treizeState, 13);
    checkAndTell(quatorze, quatorzeState, 14);
    checkAndTell(quinze, quinzeState, 15);
    checkAndTell(seize, seizeState, 16);
    checkAndTell(dixsept, dixseptState, 17);
    checkAndTell(dixhuit, dixhuitState, 18);
    checkAndTell(dixneuf, dixneufState, 19);
    checkAndTell(vingtdeux, vingtdeuxState, 22);
    checkAndTell(vingtquatre, vingtquatreState, 24);
    checkAndTell(vingtsix, vingtsixState, 26);
    checkAndTell(vingthuit, vingthuitState, 28);
    checkAndTell(trentedeux, trentedeuxState, 32);
    checkAndTell(trentequatre, trentequatreState, 34);
    checkAndTell(trentesix, trentesixState, 36);

}

//the function which check and send udp info if state change
void checkAndTell(int stepStair, boolean &stateStep, int ID){
    //considering this as a note on
    if (stepStair == HIGH && !stateStep) {
        stateStep = true;
        char idValue[2];

```

```

        itoa(ID, idValue, 10);

        Udp.sendPacket(idValue , ipPC, portPC);
    }
    //considering this as a note off
    if (stepStair == LOW && stateStep){
        stateStep = false;
        int val = 50+ID;
        char idValue[2];
        itoa(val, idValue, 10);

        Udp.sendPacket(idValue , ipPC, portPC);
    }
}

```

Programme Max6

```

<pre><code> -----begin_max5_patcher-----
9821.3oc6c0ujaaij+useJPM6U6s6dSLP7E+X+3pydhch2MwwqGmjMU1sbQI
wQhwTjZIoLwS1ZeftWi6I6.IHEAkHk.0PBAPDmJyLBTjrw0zn6FMZz8+5o04
hIQezK4BvuG7Cfm7j+0SexSxaJqgmT74mbwR20NMvMI+qcwznkK8BSu3R90R
89XZd6uw2MLBbSpqebB3.+65nU0D60eQJ32b8uE fL fXpP6pX+0. j4e+8v+d3
uC.p8B8S.2F64ARhtM8d2Xue03gn0fotgfXuY9Iow9SVm5A7SATgy9znXvxn
Y929Pwyi8zXWYc3LuXP5B0PpW7xDPzs4e3ye82.9RuJd109buPuX2.vaVOIv
eJ3K8m5E13AbS.qxZiYg2L9SaxC425KyHoaJHIvKiXuA2T+nvKAd9rqGcTyK
Ng8Y.t7kU7HuDvHwMz1uwMMq6DChVkc2+VVe3APfaZ0C3JfjH2uCze+qwQgJ
vdFv0L0uSHZECRWv5DLp9d+f.vD0v5DuaWGb4VOM18A9tW8tu3q+12Ad1q+d
v28r291m85288+A18ktHhcUu6730U+KqB7YuDfzF6F19PFBt0S6qdau9KX2
9yd9q9xW8tu0CSe4qd2qewM2.d4W+Vvy.u4Yu8cu55u4Ke1aAu4ad6a95adw
Ufa77xe96zS0Lvs47UrQ5YdL7HH4JkMJ78L18DF9DL Crv8NOFSu6L fKXJad
17rwadZtAQgyyQ7ZCuWAd0sfvzKAILL50tHMc0u+S+z6u+9qLgt9pn34eZ.
+Ik7o+2WUJJeHvOzaJiWOWHAjTz5swymj0fwUFES30KWJRzje7SvJxa91nvzP
2kd4W5Y9tAkWiB8r+v.uzbYRvpFYrHksV9jW41Ncge372G6MMkKCoCBMuBQu DXYlQ..hEM6WPG1u.
+Cg2ch+0k+tgnaLxZ8e+zml8iKkTTYn28r9yNRJmyl4 dQCaTG61nF61v161DhUV+jZYm8KLI6mHi8zmKZl+zSeXkG+4bwEf+Q+AGq.
o9K8t18piiBZBWL5HtXzUbAiQ43hSntXiNZbwOiM+eH9h7hk.jBDg8r7C7Jj
ZKPv04B2UqDZ9IB2RFL9iQ40HyK2zjeHuI31lh8tyu79oaZ0M10cSY800wbF
6i11WvuHanGokZZIXk26Mxcw.y74E3r1J6VrA44AQs+f2LAnLAeq7B8CWE6
kvrMHGWsK0y6V20AouuYfr90u0cpWq2biC+04h4w9yhByHhZ2YVyuN1rd9
rbpXmI+aD5tpgaNg0VmlMNCUmD3ILkiw8FEET+RaFHYSBbC8WxljmwWmeW
FadnLsW9bgga2yKzk8LVjLkw+GT6QwuxcMbKyrwSod260KcQM4nYwG808WU
NDbwFLZl+buJz5sk5N0odK0rGTjITb1cs12ZVNeRQ4yaq4xNhs2jl71ki2tr
b5ULQ4XXtnbDs7maFiytuRiVy6pkMmk9pXdvQ1YqIRqtXse8utELfH1d67zs
ItucQaG.gPvjbfBk+A3VHTsYl3qDA8VDyoFX70BPnV.RrxARZNBhH4PH1LmU
ar.j+2+IfcK.ISTWQV.jViJfLHxc1Rlgz.XKvI7HgS3wBmbY53+zZGqW1iEL
605tgGIWgtxc5G.FY+Warl80Xhki2zh+WPjSuvbdYseoJ.dv0JM1AXMUMvx4
OgbsPP5iW5YfeRNhV9aUhrK8XqVAXZv9Wa.rkpkpVH.vNCesw0Z3cha379E0
yJZ5N2qQ.M2V4VzyCOMHIjoXZiddnyi.J6WXbx5zTlw8s.V3gR+BjYgMkqZo
AELcf8oZ0WYNGpkEajSFYWuY.IIZc7zxWUgU0f5TDagPo9gaVK50rYEH88V
30aV8k9wWstR1Zu3qxUpAutRwYiTRQxY7+5BMCKjlyTunKzrjJbFGDTKn3LU
GxwYf0FTNe.GJcmg9vMijkaF09HYj9PxcX9mdPwRiwV8DIWnlrzerWj3dm2r
2ydELUvu2MsXC0R11Ux0VuLdXux1AWI1HQrmWdauz4AQsbCJbd9l6sA0V9zJ
PriadQc6PqrAetwL8ZFxsG58kgxWjoIluuL4NEAZep2WlM94vnAPwtW1ht8f
I1LLIEk5xWFtERW1qpa8CR8hyn0IdKbuymI6nA3wgLz3ioi3dVAgNGM.UXn9
4ytVYycGLA4W10peYwQ5AWSzpedsUseIrx4rsoMqlPeczahW.q0.bZaChFF8
NRhjAIIIXtLzGsKyykgd0BQz038PKX4wxTZzJTRjAJsjPR5iDI20Y4Cgmc0lo
6J2etPyb1Sro8Xa9dVDNAfsuAY3Si fSHemFoJwyVjMyKfMlumsY.hNurk7Uq
XYz0BOUEfBlz51MB6+MaDIEVhbbZNh7NZEQpbuvJztCkIleTgt8RP0j0aGM
9zt+GAv1mwdahlviH4rmD6GMdpRlyrUyD2BRROubLPtFcqGMRdaPjapRYMyj
eNomirsiW7oAeuY4Jg5Qwm8uJo8FVj3AHRHMLEX0jHrHy5xEd2xaVeFi j4cF
Yh7LIWNxAisrbA9Nz8zu2u0vZAZhiVlePJlrd4JlHEUsw1NRtYDP8Ye0rkKj
MzFRV1cbEJ6VAtze1pHlhtBt.nEOTGcH7kzsyGfHtucp9PcpYvQ.yQW.TPkj
h0mPQH4dJSOR1LbQD5fyYh3rb4eRw7RcoeBez8SGiSY+bje+.cQNmDMLP6
9V1rBnYb0GzCaCmCPMAe4DEQrb9mT7D.nr7SV5yPCTRgSGspdadXih36LKov
6she5jqrGJaHt.0m3HpAQeEagls+kvxYLFVNOqymGrIpbD2Udgk2g3q32byZ8
2JpGdc7HteB0BpQdjnp3u5FdmaG.AU0qXFPwVP864aIt3gSd0NEaHfMRGfMT
0EA03wOrY1AXC10vYYtIXTia1c.2L5Ibi3L9wsRGZJCvY6zS.mM5L.35fdAa
69A3PmCyTgcPyfsU0AbmCZTgcP2fsY0Ab1jy.fqCJGr6IS3vmCSUQCQ4POYD
Glsf0w0v0EkC8jYbX6y.YbnNnbvpmLgG.0CV2.pCJGr5IspDx4fLtnNbvpzmz
pRrNCV4.tCJGr8jiQfmaAqB.2AkCVjdB3Hzy.fqKJG5KwVLUUsKJG5I63L0

```

Gzph6hxgdxNNSH0Yf2e6hxgdxeb11vy.fqCJGn8jLNK3YfxARGTNP6IYbVZ9
T0Z4smZ.POMki4hwaA0YxXq9+9NSE8UmgzSdWExCeeDFcJ6L8kG04NC.BgMm
BkT5mg1WKzLejAaXcJ6L8jzVaCxUVYgqAkdJ4y5KqUJB6YSmSxmA6zud6Fhr
0k8ldRD.lePjf13S3rFb0IB.gKNCfmRgy3dRD.wlGhVxmS4HS0IAfxy9EPJ5
D1Yp18611.o1mxdS040GKTQn.h0gSZP8UXpPJLow4TZE.purb1G1lMTI.v9R
sI28RXySorYncesaPzqfY7YH0or6X0u6JHBRNkbZ8zFmXVvh0VhGUmcldxj
FSD2CoP6S4pmg8jtlr.IKu2XcJM2Dh6qk0YoemS5PCpe27mr.8bvGZZI01kt
v0oLSu0fsn8RxqCc3j6WwbM9RugVs75b1Sx8iez2Eh0+hK7qdc1kp0MAW7G
x9wu5ul8y68CmEce1ecaPVnqy9i4w7FLFDk3k8G+TTzxreGFs4X1uzKbc9u8
C8WlQds8TmFE1jF65yXj.TC9+iQVl1a9Uy2WB+gRg7aww15RfMjz1W000Mnc
hv6idS25hYPzLu.r907Bmw+18fagW3GV6fHbwp3nznRQt57SNGLTn4GwIt2j
sK+YStQ1reS7jPLsk24w3E4IQwy7hmFEvS+g+.v3J5aSKCzkM9Wv8IMnVUFq
5js.0hAssJlml6psQfw256c+Ai jTTYlJLK6Ktc8GX+070HbOYYUvyiBlAdUp
af+z9o..ZCKf4jUMpFn11Fj257wXQIVfL8nkvPLL6gxLMx.5XBuLueWaf8wM
zMLy2xhwPZ4f3Alu0WS3LM+kIb6Lg60QujqzQpHalG4n1caNmksRmxQohS4Z
fX09obs1TfEkNvyXdigN0QuQaEe4wzcpUj0Q03UTGjYTwSKRxB50rtt3G6
c9vn0aAqyNNPdBcxjCc4dAt+yWvN+R5B9LLCa2RvCzo+KAOTCDeq8aIdJzf
LqXdpb0IprKw2KI7biNgmPnH6rHy1WnoNTPrt01u8h2L5gRNRfJ11ux0j0d
hVy3JB1ZZ5ntrn5dAy7k7BxWqOHLJao9WB1pQ9x8qt4ZUtbTKCDNpdjnnN2h
IEo9Ct7.a8ZnXu40vf9Nq.e700rhcJgW0z4kPAnlAk6j87NvB61aNtrexvdE
vVwNxr650N7hn1IC60m4avZKL9XFLyAiSCY4rGHaOKm8zmGUSxzt2ZLS9XS5
73itXhVL00HeEeDy9Ypasz+4kpTAUkeY68xJ7wqpgu8dDdXKXYPiJ82CG6+L
veYayvUdBnuuvNIn6pLox+QCTpbaQQ1iZrrcCfvVJ2.Hr1a+SGrp0eW51XV0e
yuZFnUdg6oTcUwtYMYMW.09.UmSjLUNLxOyCiH0SYIR8f1Sk5FJu7riErPsu
MnZXso5RKang06eLq1mnbccV0Vr02GfnE6uJ1isnqYkh003FZFZwmfcekKh
0PKU9Ue2BqiSe06aVCy1dq9Z83+zeP7ApAAHiHE5ZVUtKjChUDF925LFZpZL
DV5KEcEC+9k9gcCCsTNFZPEwPhFxG1ULzV0XHkn2PHSUysW0MLzQ47gVPDRf
le9IgmDPbOpqWgtxc5G.F7+qMGJ2+EIMhLZpKN0vkqc5Qqo9zWnIoP.0HKD0
yhvy1PazoYUUE7nEIpbsaYUqWNo8p5EV4kgJmhyLB0LrLNJu6erLvCvd7uWz
U8E4Kh4YE5tmkK4dPguGqM7jG4xjP8qvWUxvZpZFGvGH+J7rVZfKpA2B9we
gA6YeBnp1WlKa4xYwFEH+1Dndaurnq4u0S3Y31D.OU6W3Y49DFU99DT.mipMJ
nWbQMx9DI18mQ9nFobeCRHma9nFobeTicn27QMBqbljbt4iZDR462jyYmSpQ
FJWFH7LvI0PaU6j5Bc0medo1gl4kZpCLqFV1FbadhLpeD6LZHR8tN4m0toFR
UM5vjbx+E2TyqLup0K0kqTZ75LZkusJX70ebSsx2QvR9wyDgA6yl16px8AxY
RKDP70EXyOn+NmPKZ2mIVhIT.v+Qqm+GCKajEmwkm00rwiLGm9m9Sspex4Dg
jEbF8zQVo2WFv18rLRH8+gMERwkm+wyZJA1+tMt.xJy23mam0TDU0G1zB.
km6MFgm0T9q6QVxhfcdXtTvhrHQKbLGZpZUZsI6HazRVbI+kmc8lgpjn0wS
KGHJTH.pSFy7RR8C2jie9gJcva8EqRoTh89Y9IYSq3o0HoFW6JIAKIIis0JR
FJCtiZFR1RRTFY05H4Lm1s0vQy7JR+YqhXx+SJ8xNuzBvWxHPhIDU6SYIR87
zpnQYZUeKBZvAgrS3sbS0bzLANSjrzLTenYIIY8Y5AU14GYwZotPylcglg5A
MSkklQGmbHpnXhrnThrnPHn4ISHjzP.AqOrZjtvpgzCZF2EZfQgzrrB6o5iv
9FHkVnYK8h1kwnyFjwdRoYjLzLQunYrLzrFIqSR1Y8gyfHqzYh9H0fHqzYh9
r3Zhzlhq0R5HxJc1Y7QxH8wV7F3RaQpAvunYtNPP5EMCGYSAkj0vRaVkf1Y
7InCKq0g5YLPrzNRTeTbioiPZFMBA4mjUKHvezBhkVKHRunY3HDmkQyMRerp
C2Asf5AEibFey.QRuAf5yxpPcxmvZDMckc+zzDZd7o3FJ8Vvq097BJ6FZqYj
rTRMKZRVUFfPpdQyx3MTn9HnCJ6L1B0mMyER6fsF5wlUAK0IAZDmAdp0A0A
NC8XKAgFiPXV0j0bQTRVVV+xBkFyd06U3MM88toow9SvmxCKPAZ+QW68NXo8q
C0itFog87ta4cN0HZhaPQEXbys1PUu6oUP3iqZktI.c+
+9eAotqh8+.Y.wf 0gy7hAe9q+Fvm+luDfuZSUurojpcakxZr54vLJ0K84rSUQeu0xTmdojkumxW
Ju3zZxSP0PdfFrLUGz5Z0K0nGGFdiuaXD3LTw+3DvgpNyNuotIagtAtVpAbsL
DA2Zj2I.bu1MH.baTLVED5c0H4gvzEgRBXyKpsHZa8i8ByzgFlsv7JSL0z9D .zeHive1linWqUz37vqmxiexTlSdTSEfZzdKgtKil40NJgN3LcdIm
GYLgKYT 7irbtG6FN0uAr89pxz0Nb+cDeqUSRaUJKRjEc25HZ8b0G5+TguM4U0xB1Nj7
bc6qDbNDnCo3vcTlwQ205X20niEeHgZ5KUaPGTWPGq9h2gNRPGitfN18D5TT
h1zdzoH6HHI5P6IzA4LRPGytfNj9AcnNlIdzoSRkw8D5XhGInSmjJi5IzAaL
RpmNIUF10nGm07zezA0IoxF8D5vModDfNcPpLzomrUlvy0Ei.zgzEzomrUF
6LRrUFg5B5zS1JiMGI1JiL5B5zS1JiwiDakg1cAc5IakQNiDakgcRpb0Yqbg
pfQ.5zIox8jsxH7HwVYXmjJ2S1JiLFI1JC6jT4dxV4hDlp9iNcRnb0YpLDOR
LUtKxjs6IKkgFiDKk6hHY6dxPYywhcxcAa5Kyj08VIWK4WIjH.AowtgIqhRt
no9e+rAg6AYr4UXZBeChMaXah2Za.aCYtnBL4wmv1wiws9Ad24EmTGHExEtq
Vizbsv0ggf+XT9C9x7xMM4GxaZSNo5hXu67Kue5lVciY80TVGccL609nsYQ1k
pLTRxt0RFHmofmx936AYdk4oJ0SMYdPzz0TDkjkMFsxKz0batGi8EBIUX3i0
DUlG60KJLIHpcmYMW959ghvqH6mUcl7uQn6pFt4DV+XcxD23LLsXKMQahvjn
nf5WZyvHi62MzeoapWpOmXYVAUDQ+kqh84wDx1136X5hJowQAA0dT7qbWCWY
Fajdp289yRWT0gi1svwoJPYDn91RrX09j8Io0jntsxq2Tr07kmIJQxLVJQWY
nGEZJrYqnnxKvT1zqvr+AwYIaFxnCJQjVgRkmwYMctxJC43ARynBFqm0+EqQ
KkmtYKR3z7MoQ6Pw8m40YcBfA.BP.bq.5wLe4osBnTo.T9J44hKEsKpy.51I
+ygMYftSd8s1jbb+mzdKxymbSqok+TSxYu6LZTqAGj90umZauBRn1YJHPL6C
TNI49zbN.4N3GVVZzIrQ5S5sNc7qfRp1XLR0VNiRp1R1iNlMRynZoNjd1P
Mipk5r8ZanYTsbxqcN+N0M0cYhhN1MhuTEbtaVyrBXcSt.zxrWbAH9vt.jZJ
Xwac2itmvbuE+C5mSsrVZEHy51nooL9mL6buLSpwNsf2oERUKani1BfdA6m6
GuxdqePZr26KNmMXSfsYSiMl8yXC5fQcGLv0KOFji1+rKqy3n0rAxAUDvFyo
qCUZgFpfkNuLLRFJDXi6+puCjgFpXnR1gBxhl6l.sGoP1.K6FQJ7PiTDd0lD
YgFGLUHSfUyhpPCNTYy8fWw9Mn+PEAX0rnJ3PCU1LvIyomiGrBarZVvkwPiU
EmFHD+HSo+PEZgQxMAUTmAWrtMIWtdwIVV+gJafYix0o1CMTgKJUVDywgJPn
EvzpqnxZv4p3g5GxYrvUYBLaTEHc3sVmGEEP3XgqhBprKuFTM3Vqig7CLNDh
GIXEAX1n4BzA2b8hiKLxdjXDJDcPrLuFTM31qCI7k1jsXvwAaEBX1nkUzAZf

cZgTpQxp.gPPkk4hHEY3MrhGrqEGmDnAVygJG.sQSPICtcUD1JZFYS.KrW2w
RygJa.sQSPICtcUX6BQU14Z.0djxBPazBTxfavUQJ0Xr.Tl.Zi1eRfbipLQX
NKEeYM20RQAZFM+jL3lTkcWPE0Htw.RgAzFsnhFFdeEy20HBcTH0GAnMZNE
YvcpGkgPUdUWCAPtFOXBvt5P8Kh03AeaFKbktoQccGkEBsHJ5HQohs96QCV
0CvSgvMtQISntZqIp6mrXhSe.r4H4rKGHi9DNZT7C1XngCnS9B4zN3nwUhfG
CNbTbd+0L3.03xMvnAGN3HF1AGMtjBLdvGcCsT1ApQyGwjgFNL0RQGNf8hHl
NznAVKkbPZbMknAWuBgZqkvQyVcL35UHPNPNWgzNUGnAWuB1AqkbGMZ0AZv0
qf4ETcsCNZbkLNAWuRQF0U6rIsQqNPCthEjiVJ6.2nUGHyAGNL0RYGLMNYAN
3qm0hm.50UvQK9B4+BzrYXFCN6Ag6LaJxhGXuGsah5c0dz7dFYL3JaMsM0Q4
GMuaGFCtoXlThNJ+nY00aL3FpahfZi2QSV15L3RSo1NZIyQ59b2wdvQCpdJ4
nIUsNVCNZfzRAGjllK0Y30y5bRkazZ5dZ5hr5Bx6ShVGnQAFw1Xny3SEkLCS
dd3xw4msY7IqXnumT43Y60SH7Wx5S+RVep0xNLsjuInpN0v.4pEvNizTCCt
sZrCo2QRjTHIEGroN8VNgQYH5G7dnErDejXY6ILFhLXI1hVfkzGIVJTKstrg
JqkJPYzVvVkmj2xNx3rCXFAZM9RNYslm2TtfSaqqn37vYESoiMomwtgyhV
BZMMuYgnQ4nL9lTWUY3dT54UWxdqdJHSTgtkpARByjUhoc9QHEO9R+fUmCjc
fRaUCkYUorRnDhGgPYaFGQUdJHdaYbkiGydz+aaL9fRRaJdLUtLmL0MbfjNB
AxV0faRTNPRvBEW5QFL11TaSkudxxZHQw3KIs53zFJZpbTjqfAZ09LJ2o0oz
J23GduffUTTFfWnXq18nbMLHq8GNfZLJVOGUKhhJ04UWjaWILi0szlssbFhx
Mbr3rEoqdnbenHssUWSTubQtK+wNi0sKj1zQSTtN5hi6F1Z7ocgzpexUtY2P
KNJNBcNAU4hXkihENcbD5WBbaV5PPpe6u3GFUmQXI0oMKcHp2W3E4udK34S
0Ngnb6EgVhZAv3ydwV8FAV41KVlQ.GelKhZKn.vJ2w21FiV05zFFpbSt4GF2
wn+bZk0z7DsofZp2bjtveAH.JvDXARAN.nQV1pBhxxDZPRVZ1CZlkBg1YoG
TjAasZYoTUTaFTgOZC1aubGgjqdGgsDBKiAsfGo6+VcEjKa8ndLUTbS00Ej
o5EOs9odLgrgkgAsHvszn5wTFCfTk2CK8o9uXIawXBqOUZGSYKiJ8VUToG
YyQHMSGgzLYDRyvwGMScfgzr8Hjlggx5niQ9YiQHMO9HYXHTRAYDNEjLBM2f
LBUCsviPZFMBo4QnJExHTkhrSAoZCEiGgZTviPCQwiPsF3QnVvb+r.MkfnMs
zLh1RFh1TyHZaYHZp1QzNxPzD8hnQlXzDpYDsL0XZp1I8.IS47tAmgbZIZY
pb5TcSjGUHfV3ogDYHZCMinkg8fnapwkQ5AQ23okQNMQyTiKiVbhloPTFyk
Zv+BmT2VF6RIH8hlkQFMQyJQKiHZhlIhVFIzXcyTIYnYMyRIYTPf0LkJREgA
51RCkg4Pyj0IyBC0HQcRxYn0JtGgtNW4dNuHf6JyUewj3dm2r2ydEdSseuaZ
Zr+j0o7XtRf1ez4SuCmu95PRlQqhX0u71doyChl3FTjXE2buMjK6dZEH1wTT
YYntscNpb153M4fx34Spkx8ZJ8q83xTkFGtbFZVDwd1GLUUDdnvZFFrtjdml
eZT.0YS9CrNssI6eVW13eIj1HqkquPCctqL+cxAEHBsCprxMl8dS8he00mJ
JBysjby0F7q00Mt3G05qodKKB6wKdiuaXTLBuKAWbYVly1ZCW.mcw1sgNXC 3Va3K
hB+vCeRJ6mhusZst4o8hq1gr9Luz0gd4jzKdi3Ep9tW.uaCEaZ7elr0
U25aiZ6I2.UbAp5I+EtWqR7mtHJtBetNZ8p.9inoKWuMT8luph3tNv8Nlv9z
pF7BXhqb2740000lFlrx2KXSie0Z1yn60dNaVSyieq+jX2UKhXpNZrOMdWw4
F6ubhqHhV0zlu0e6gfn50s2sdx5.230YhWPEob8B1BoE4zRs1Y0vf.lr3xFt
wMLMSjUwG+534tqslXuy0JGY24BKMP1tAzzdrns+xxsa.uamamW8tWB09k17 .eqWcZg25y1Nkwm3yQqWF2b6uJUj4ZYTn+zJtjmmkF4B8Dv6WyF9B
+jjz3q9 7pa7a9v5.F+U8uTNWvp.OoXqnpAvT0ufsefPz1s7UYTBy9kMM7mc+oeJ+gs1
00MVnObuqu0GD15RWG30b6rYSqSZ3BeEYfYMz9KWmKi4fMwWqbmlW7rX+67Z
3t9L+jzn3zhQisejrw0ItSaS5U8wxgsjFtl3CnXrOZMyNN9r7L0fadULEMdw
79asK7F+7bf7Ne+X0LBKdC0tvMAtdqDZD1R6a.madHLcQ2ivVWn06.21EHscg
MSMe651S7h2o07s9030tIH59FZN6ithRXCDd.yT0F6NQ7g9tXukQ7uxMLyYC
mKhW+z0w12k13EyDtW8P7WtxMzWX5S8u7WYDQvDzG6tCwu82bClTCa3dtFZ0
WSPvVjeNZ9L2EIWzVqadTeaj+z74DeczhZD12Jn+IuGEW1k9B+TA.c8xUdhe
NZ4jZZYpZ.Inswc2Y3a+nXb2gbYseQTBMAZ6bkM04mGuECbYCMv3F2Ju9AuG
bqWYC69yBcChl23KZ2KU8lhVEWJxMtU3+yBR2os24kkU12pwmYzMmV.+hs+
0ShpFRdQ37.+d07q7LSRhDzyvLfItlALLwPSiDlF8x.1X2EUJ.yTo4UId7mB
Q80+V00JMKql54ESJ3c7EteX8BWLs1aZ56VvDKKnQ6qmlQNBSp9mqciyu724
dmWCMY+neXCeG26aqMtBgnooEfqX+cyn80tAA9Qq7Dld4e6s7t9W54JXJ4B1
RA3GmsIEebhStnESkafJEH9q24A+RLMWtI9Unw2wz.wAcAC8iBdHojl4u+U
t7Y6al1WLnbegV1.QokekWpav10zuvk2Eda6l687VsciuH+BdqqnT7rpt.SL
hf1vqieHo30TBxbiMBBDX8dV5xnjULGPBDCr+7EogdBD7mGMQT4vKXfomObf
GsJYmVqYTaYiuQv1saJTF+tEdKEYnDMA3lssyFYt10FIxVuz0wq5Y9WhRqt5
6bYSCi1o4+haPgE6k0x4q7EX1do+rYByKXuPWeAsSgenXB1XG7YyilGU2h0
NzrdYEz7cQQyljSpDAi8YCNgYKJVfn+PMcrS8hyGmd9mIv3DDcU9WNZYs0hT
u8cEvLQNK0EaC6MeyAo.ubildiW7z0II9BxpdadgtHuae8CLvKnICwXlK85
H+DuFt10q25RbMqhFMUvz44xI05e8MB49Kd0bcfu.BdimKaPVfus1Dh2sfMg
PPL424GNSjF7bq590mYnjv39y8EVT5mEUIjgIT0w6S9b1DnnUa+sqzAyVrP4
Z.gM0X05rhhhuLQHevWPPVViUz4z3L2jrSmfIUbomfQTdLfIZUpP28ZN5yzH
4KXyPQq2jJP+r19j2HJbJqgqY50EDt4GKLS6cwh37e1KcUfanWsI2IK7E.n0
LCb1cf8YqX22ZgF9R20yWHBERdOaTRrk2rNT.M9B02hIHLVmJfLnnzjTuUhq
XHjOCNRbIWYdexS3xExPhW7bgFdwGWEDwKHK+i8Uu5xNV0WdrkTm17W4J+7A
eI7XYmk9ic1kkDKQmygMGB0V1RoE5u9t04LvYuIv8AuX.DPMZpJtG5ZUnhzY
DfjmAAJ7RIxjLDPParB24EHGiFyPyHP44tqRWWqRFgke7GALUlwds1pqXDzc
f+mUQwo.Br4xGbuFdnCxpFjxyGziudSsiji7GQ8ChOG21dqtJPuc1hKmZacU
aa60Qs8Wd2M2Z2M1ZmARoIHaciFrzMBxT2HHhDDjsgxnmSdUsD8AH0QORPNp
azxTJ1m7HjB1.AUJ8St8JqGIaooZCMhpoRwJZnNdQhThWcfpiFjR7psk5HHp
TCYpSbV8.YsUBxQcDDTJBRCYXoLhwgpnBRJlZGEhPTOHhR5HH4XpUmbHLRF
DBqN8zX4lKQTGAiitL7gTksze1pH+vzjxxSSdQJ1DkuDIB0mjU+STdgRivK0
04eZ.zTijSwn5F+QROGxpEyzF.5gHE+ns5.Hjr.DVMzCTJNH0Y3v11DzLE4P
THAI0jLniBoH4VcORGTjbKuGpJRjiGLTIisLxhbTiajLly3nPyiFxBtGfF
tsobsPPJT8pgLly.QpjqVpUBqNlHnbNGFAUHEIkBDE5aOnbtGfGUHEIkBDDQ
gTjTJPPTERQDonHSERQXonHGERQXshXCERQRYgMVkxiJrLMVkxiJZQHJbxus

```
TTDVgBHskRIBVkJtJQvJT. oMU5MYDpHJRJFaEJezRJ8r1JbPSNuNqPCHMqy
ezxomknXB5PPDUgpxzyOZGBgrcTLAcHDhnRdHhDHjB248noL1NRrTHAgkYVl
ohInChPJTvniRFDR0DzA2KEUxTCK. gnHESPGjGRkHjgLHjpInChPjbwPLRsA
QJNTnd1k7fJWwJl fN3zdEps00UVdPDBpXB5fHjBUtRsJAgTMAcPDRg5xnRYj
ORwDzAQHUXTKkQ9HESPGTTSBMxmJUvEnvEJRkwLZEtw9PpTALkJYpkwLZGjh
InCa+gBIHonGEJoLHk8PlJl fNrGqTHAIi8PVVJl fNrSFUHAi8PVNjlfNHBo
xgLorGxPwDzAQHUNSWF6grfJl fNHBoRI0R4zSnhInCe9aTHAIi4GGLXY1JZj
Q1NaNytCPLFCIsks5JDEkwseVplfNbXPnPBRRpndWgziT1CnP8uXSYCCaURPH
YHHjBInCMISkQ+DlpYmf3sC1BcfhvZGEgzNJBpcTjg1QQRsBWEpPCoaY7gsC
yRcfhzNAjHsS. IR6DPhzNAjHsS. IR6DPJmWaUnE1PsS. oTGILLRcwhog1MSy
P6loYncyzjxKf5F8P0L5gnYzCVynGjLQ0PMidLzK5g5nYzisLQ0VZF8nYxmo
Zl7YplIelpYxmoZl7Yhli+gnYxeHZl7Ghli+gnYxeHZl7GhtMe+XsGimoacW
sJKMyW7PyIkKV59i7b5n4k4ez0j+w7b93Ewd24W98o4s3F0cgep2zz0w7T86 GsMu3oYum+8S++sCMzHB
-----end_max5_patcher-----
```

avec l'abstraction filtre_stairs.maxpat

```
<pre><code> -----begin_max5_patcher-----
966.3ocyX00aaBCE84jeEH1KaRYY9503iI0G1uiopIRvMkpDHBHcsqp+2m80
j1zT2DSJPhhDQWCxb0GetmK10Mdj+rhGjU9d+z62diF8z3QivgzCLpIdj+pj
GluLoBeL+b4eKlcm+Dyspk0TiCW6AaGKKEGQ8Te0X6X2TjWmmrRh24WkYIK2
dm7MqxxWJqWYGdcvhM06055j542lku30kx40lbFnhohIdrv3ojIdTndkLk3c
8Nu3pr+guXfptsYXyrW+3ZoYd7yxUy305a973w5KSbj0LyjErCs. gjCfvfHM
B4pjW8mBtDy0WP37hUqj4lUgp5jZoWdg5xWI+. 9l+I. n0XAdYQR5rj7EVPpn
2WkELD7AZvGPN4EYL+0oU4UxppjEx2wJegZg03sj0nsk0nD1zPEgDxzTACUF
PzIPHcLYXyBf12jQi33LwEeP0RpbYxid. gXiQ5c8ADgdFPL5JFvNCELspMAD 22NHTjPn.
+b0l3i0IJ2bapDHP2cQLhjHrkhfb4HRVnahA1UJCkcB0zrQb5Rk tttwypJIrSpbnGmOLLA6yU5Lo6qfpjKU4pcwRPMHVNN4. 7PTRP+b0PS5XQyU
W4ExswKhApHBnnqBGtX7a0jZg22pkltxWlhkZuYpeDqtLcS6Y9GyLF48iB5+
DwngymgY19e044bfFT8dW6F63XwkT6IkSC0LSCquYilRpymOC161bSXQVQH4
zPHmuce+6s6eaqqVNXfaJKV4sIcsemdBGr3t4LNBBb+HNzk1dq06tReLG6hG
7w8Wlku+AZguQ83uEjUEaJmuk1Zr47nu7RSkU0Y4I0YE467LpUUuWSrayRSk
46htUYoqKtpolTHFEL0WWWqQFtT9l. p4qua1hVztfNMqJY1RIR2DqKasAWvQ
vUP6vUXfAJw34P. LgAl5vdB. ji. . nkqLFJmwEMGXfXu. HzfoH8UL3LsxfUYG
DYca9vNV9PaGQCDSycNtgJfQdeDev0IBZJCzQ8. YG4fJJ3n5. WzzsjomKgbh
XJEUvQuF1C7ovADvaIBLJ. g4z7AFhCczYJ8oClbf6hbp7F6h9LcXtjN7Aicn
NQ0zAidhNjNrAKafXWYmVTJZZ7Q4XAIPLesxaiFDWavEaaX37s0m31QymnSx
1iFwQCuci5CFMzku5X3HTW5DRGNuFvkFCPvvk0bGEbCjYCKxQy0xET9r2hZu
lPtzbXQWD2yGylbSVu9dYYUybhohZ062UTpCCLfgY4lPb239kx6y197BbjjR 01vqU6AeSo4XYdHJPscZ0644w+Wyo8po
-----end_max5_patcher-----
```