



ECOLE
POLYTECHNIQUE
DE BRUXELLES

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

À votre Synthé !

**Un séquenceur multicanal à commande
numérique pour synthétiseurs analogiques
(semi-)modulaires**

TRAN-H201

Mauro Birattari, Miquel Kegeleirs,
Jean-Philippe Hubinont, Gilles Dejaegere

Version 1.0
31/08/21

Année Académique 2021-2022

Objectifs du projet

Le synthétiseur est devenu un incontournable de la création musicale grâce aux possibilités infinies qu'il offre pour l'émulation d'instruments traditionnels ou la création de sons synthétiques. Il est souvent utile d'automatiser le fonctionnement du synthétiseur au moyen d'un outil appelé séquenceur. Dans ce projet, vous allez réaliser un séquenceur numérique sur base d'un micro-ordinateur type Raspberry Pi [4] pour contrôler un synthétiseur analogique (semi-)modulaire monophonique (e.g., Moog [2], voir Figure 1). Le séquenceur sera muni d'une interface analogique permettant un contrôle total via des boutons et des encodeurs rotatifs qui offrent une expérience utilisateur intuitive, immédiate et naturelle. Le séquenceur devra produire plusieurs signaux de contrôle en parallèle permettant de contrôler la hauteur de la note que le synthétiseur devra produire, ainsi que divers paramètres définis par l'utilisateur comme, par exemple, la fréquence de coupure du filtre (VCF), les paramètres (ADSR) du générateur d'enveloppe, ou la vitesse de l'oscillateur à basse fréquence (LFO). Un synthétiseur sera mis à votre disposition pour tester votre séquenceur.

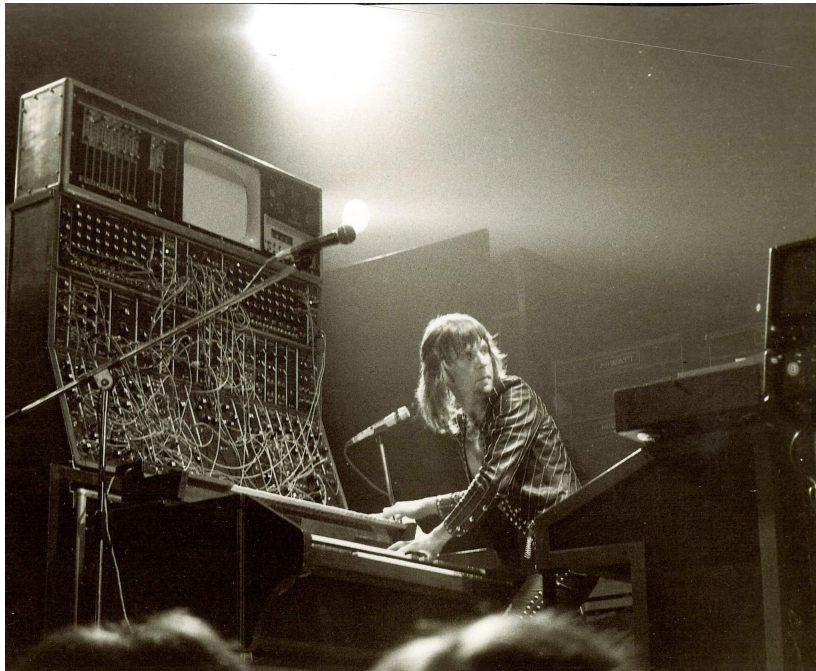


Figure 1: "Keith Emerson et son Moog, Tuscaloosa, Alabama, 1974" Photo : Mark Hockman; Bob Moog Foundation Archives

Résultats attendus

Interface

Vous devez créer l'interface du séquenceur permettant contrôler, via des tensions de commande (control voltages, CVs), la hauteur (pitch) des notes que le synthétiseur devra produire, ainsi que d'autres paramètres. Il vous est demandé de définir la taille de la séquence (maximum 64 notes), le tempo, et pour chaque note de :

- Définir sa hauteur, sachant que la tension de commande à produire sera comprise entre 0V et +5V.
- Définir la durée du gate, c'est-à-dire la fraction (entre 0 et 1) du pas de la séquence pendant laquelle le gate est haut (+5V).
- Définir trois autres tensions de commande (toujours entre 0V et +5V) que l'utilisateur(-trice) pourra utiliser pour contrôler des paramètres de son choix comme, par exemple, la fréquence de coupure du filtre (VCF), les paramètres (ADSR) du générateur d'enveloppe, ou la vitesse de l'oscillateur à basse fréquence (LFO).

La tension de commande qui contrôle la hauteur devra être définie avec une grande précision pour faire en sorte que la note produite ne s'éloigne pas plus de 4 cents de la valeur nominale. Le choix de la hauteur se fera avec des boutons pour choisir la note souhaitée à l'intérieur de la gamme chromatique. L'interface affichera à tout moment (par exemple, sur un écran LCD) la note sélectionnée—par exemple, D#4, où le D# est le RE# (en anglais) et le 4 est l'octave.

La durée du gate définit la durée pendant laquelle la note va être jouée (le gate est à +5V). Elle est définie entre 0 (spike, note très courte) et 1 (*legato*, note longue liée à la suivante). Pour les valeurs intermédiaires, plus la durée est courte plus la note sera *staccato*. Pour la durée du gate et les trois autres tensions de commande, une plus grande tolérance peut être acceptable et les valeurs pourront convenablement être encodées avec des encodeurs rotatifs.

En ce qui concerne l'interface, elle doit permettre à l'utilisateur(-trice) de naviguer dans la séquence pour pouvoir modifier les réglages déjà encodés. À tout moment, l'interface doit informer l'utilisateur(-trice) sur le pas de la séquence qu'il/elle est en train de modifier. L'interface devra avoir des commandes ergonomiques: par exemple, encodeurs rotatifs et boutons. Des encodeurs à rotation infinie (valeurs continues)—accompagnés par un écran affichant la valeur encodée—seront particulièrement appropriés parce qu'ils permettront d'encoder une valeur pour un paramètre relatif à un certain pas; avancer dans la séquence et encoder la valeur concernant un autre pas de la séquence; revenir en arrière et retrouver à l'écran la valeur précédemment encodée qui, si nécessaire, pourra être modifiée en tournant l'encodeur.

Par exemple:

1. Au pas 3, on règle un paramètre à 6 et cette valeur est affichée à l'écran;
2. on avance au pas 4 et on règle le même paramètre à 8, l'écran affiche maintenant la valeur 8;
3. on revient au pas 3, et l'écran affichera la valeur 6 qu'on avait précédemment encodée.

Un écran LCD permettra de visualiser où l'on se trouve dans la séquence ainsi que les réglages du pas en cours.

Prototype

Vous devez créer le séquenceur sur base d'un micro-ordinateur type Raspberry Pi. Vous aurez également besoin de concevoir un support permettant de fixer et raccorder tous les éléments nécessaires à son fonctionnement. En particulier, vous devez y raccorder les éléments de l'interface analogique (boutons et écran) ainsi que ceux nécessaires à la génération des signaux analogiques tels que les tensions de commande (via un DAC) afin qu'ils puissent être appliqués au synthétiseur. Une attention particulière doit être accordée à ce dernier point afin de préserver la qualité du signal sonore.

Améliorations possibles

Tant que le cahier des charges et le budget sont respectés, vous êtes libre d'améliorer votre prototype pour y ajouter de nouvelles fonctionnalités. Ces améliorations doivent toutefois préserver la philosophie générale du projet (ergonomie, contrôle analogique, etc).

Voici quelques idées d'amélioration :

- **Choix de la gamme :** En plus de la gamme chromatique, l'utilisateur(-trice) pourrait choisir parmi plusieurs gammes : majeure, mineure, pentatonique majeure et/ou mineure,... Pour les gammes majeure, mineure et pentatonique, la tonique sera également choisie par l'utilisateur(-trice).
- **Ajout d'un silence :** Il est possible d'ajouter un silence (aucune note n'est jouée) en réglant la tension de contrôle régissant le gate de la note sur 0V. Cependant, il peut être utile de pouvoir ajouter un silence de façon plus directe, par exemple au moyen d'un bouton dédié.
- **Transition entre les notes :** Dans le cas d'un *legato*, la transition entre les deux notes peut être immédiate ou graduelle. Si la transition est graduelle (*glissando*), il y a deux manières de modifier la transition, en définissant soit la vitesse de transition soit la durée de transition. Si la vitesse est fixée, plus la différence de hauteur entre les deux notes sera grande, plus la durée sera importante. Si la durée est fixée, plus la différence de hauteur entre les deux notes sera grande, plus la vitesse sera grande. Il faut donc choisir l'une des deux options, ou laisser la possibilité à l'utilisateur(-trice) de choisir celle qui lui convient le mieux.

Objectifs scientifiques

Il est attendu que vous ayez une démarche scientifique dans chaque partie de ce projet. Tous vos choix de design doivent être documentés et justifiés. Vous appliquerez une méthode d'analyse de la valeur pour les différentes solutions constructives auxquelles vous allez penser (e.g. [5]). Un choix, bon ou mauvais, qui ne pourrait pas être justifié sera considéré comme nul. Pour valider votre développement, vous mettrez en place des essais en utilisant un synthétiseur, que ce soit celui qui sera mis à votre disposition au laboratoire, ou le vôtre si vous en possédez un. Vous analyserez vos résultats et développerez des mesures de qualité pour évaluer la réussite, les

améliorations possibles ou les causes d'échec de chaque partie du projet. Vos protocoles expérimentaux et les conditions expérimentales doivent être transparents et documentés. Enfin, il est attendu que vous travailliez en équipe. Vous mettrez en place des réunions périodiques en présence de votre tuteur. Pour chaque réunion, le chef d'équipe sera chargé d'encadrer la discussion et un secrétaire sera désigné pour rédiger le compte-rendu. Vous mettrez les comptes-rendus de vos réunions à disposition sur un stockage commun accessible pour tous les membres de l'équipe et le tuteur.

Livrables

Au terme du projet, ainsi qu'à mi-parcours, les groupes devront produire:

- Un prototype fonctionnel (à mi-parcours, tout le prototype ne doit pas obligatoirement être prêt);
- un rapport écrit toujours accompagné d'une bibliographie détaillée;
- une démonstration avec un synthétiseur (à mi-parcours, tout ne doit pas être parfaitement fonctionnel);
- une présentation orale du projet.

De plus, pour la fin du mois d'octobre, les groupes devront réaliser une étude de conception de leur séquenceur. Ils devront présenter plusieurs cas d'utilisation (diagrammes d'utilisation) ainsi qu'un plan de conception de l'interface. La liste des matériaux nécessaires devrait être transmise au tuteur au plus tard à ce moment pour ne pas se retrouver bloqué par une livraison tardive.

Matériel fourni

Un synthétiseur Behringer Crave [1] et/ou un Behringer Neutron [3] seront mis à votre disposition au laboratoire IRIDIA (bâtiment C 5ème étage). Ils seront disponibles sur réservation afin de permettre aux différents groupes d'y avoir accès. Leur utilisation n'est toutefois pas obligatoire si vous avez votre propre synthétiseur.

Vous aurez également accès à une découpeuse laser pour la fabrication du prototype. Vous devrez dans ce cas nous fournir un plan des pièces (en MDF) dont vous avez besoin et nous vous les préparerons.

Pour le reste du matériel à utiliser, nous vous fournissons au maximum 100 euros. L'idée du projet est évidemment d'obtenir un prototype de qualité et si possible avec un budget assez bas. Il est donc important de considérer tous les aspects (économique, techniques, etc.) lors des différents choix que vous serez amenés à faire. Tout achat devra être soigneusement justifié. En particulier, une preuve de paiement ainsi qu'une feuille avec le résumé et le justificatif de toutes les charges seront remises au tuteur en fin de projet pour permettre le remboursement de ces frais.

References

- [1] Crave: Quick start guide.
https://mediadl.musictribe.com/download/documents/behringer/CRAVE/CRAVE_QSG_WW.pdf.
- [2] The moog synthesizer.
https://en.wikipedia.org/wiki/Moog_synthesizer.
- [3] Neutron: User manual.
https://mediadl.musictribe.com/media/PLM/data/docs/P0CM5/NEUTRON_M_EN.pdf.
- [4] Raspberry pi.
<https://www.raspberrypi.org/>.
- [5] Value engineering.
https://en.wikipedia.org/wiki/Value_engineering.