

Digital Synth VRA8-N v2.4 for Arduino Uno

ISGK Instruments 2019/8/3-4 Maker Faire Tokyo 2019

Arduino Uno の限界に挑戦する「Digital Synth VRA8」シリーズ第6弾。8ビットCPUひとつで音を合成するモノフォニック（単音）シンセサイザー（MIDI 音源）です。スケッチはフリーで公開しており、Arduino Uno と抵抗、コンデンサ、オーディオジャックだけで製作できます。新モード「VRA8-N mode-VC」では電圧制御に対応し、ポテンシオメータを使って演奏できます。

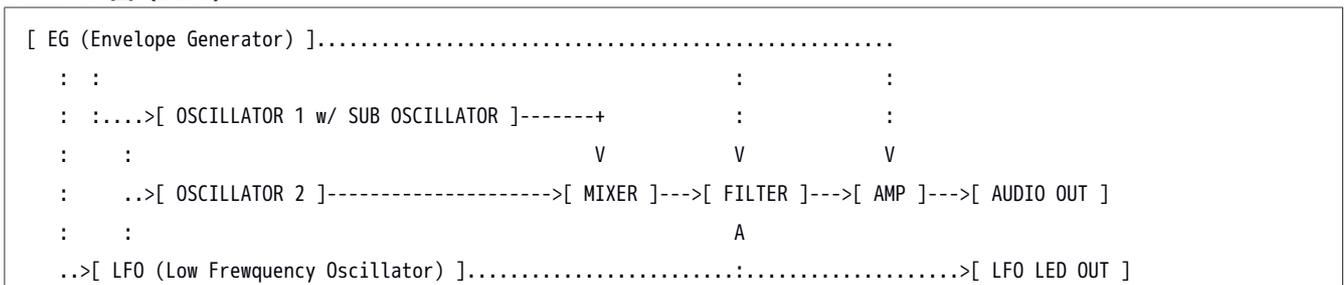
1 仕様

- Arduino Uno（8ビットCPU）だけでサウンド生成する，モノフォニック（単音）シンセサイザー（MIDI 音源）
- 「mode-VC」で動作させることで電圧制御に対応，ポテンシオメータ等を使って演奏可能
- MIDI 入力：USB シリアル（38.4 kbps）または MIDI（31.25 kbps）
- オーディオ出力：単極 PWM（62.5 kHz，ピン D6 or D5）+ RC 回路（推奨，fc：15.9 kHz，R：100 Ω，C：100 nF）
- オシレーター：ノコギリ波・矩形波・ノイズ（2のみ） ● サブオシレーター：サイン波・矩形波・ノイズ
- LFO：三角波・三角波2・ノコギリ波・ランダム・矩形波（LED 出力：ピン D5 or D6）
- フィルター：2次 LPF（fc：784.0 Hz～12.5 kHz）
- サンプリング周波数/ビット深度：31.25 kHz/8 bit ● 位相分解能：24 bit ● 音域：C-1～C9（中央ハがC4）
- ポルタメント・ピッチバンド・モジュレーション・エクスプレッション（またはベロシティ）：対応
- Arduino IDE 1.8.5 を強く推奨 ● スケッチはフリーで公開 ● Web サイト：<http://risgk.github.io/>

コントローラー一覧 (v2.4)

OSC1/2 WAVE (SAW/NOI/SQ)	OSC MIX (1/2)	OSC2 COARSE TUNE (-/+)	OSC2 FINE TUNE (-/+)
SUB WAVE (SIN/NOISE/SQ)	SUB LEVEL	EG > PITCH (-/+)	EG > PITCH TARGET (1&2/2)
CUTOFF FREQUENCY	RESONANCE	EG > CUTOFF (-/+)	AMP EG (OFF/ON)
ATTACK	DECAY	SUSTAIN	RELEASE (OFF/ON)
LFO WAVE (T/2/SA/RND/SQ)	LFO RATE	LFO > PITCH (-/+)	LFO > CUTOFF (-/+)
LFO DEPTH	EG > LFO RATE (-/+)	LFO > PITCH TARGET (1&2/2)	LFO FADE TIME
PITCH BEND RANGE	PITCH > CUTOFF	EXPRESSION > CUTOFF (-/+)	EXPRESSION > AMP LEVEL
PORTAMENTO TIME	LEGATO (OFF/ON)	KEY ASSIGN (L/L/P/H/LAST)	EXP BY VELOCITY (OFF/ON)
OSC LEVEL	RESONANCE LIMIT	AMP LEVEL	DAMP AND ATTACK

ブロック図 (v2.4)



展示システム構成

[MIDI Keyboard]...>	[VRA8-N CTRL App (PC)]...>	[VRA8-N (Arduino Uno)]--->	[Amp & Speaker]
MIDI (or USB MIDI)	MIDI (or USB Serial)		Audio (Line Level)

2 シリーズ開発の経緯

作者は、Maker Faire Tokyo 2013を見学後、2014年に当時の勤務先で「ものづくり」の部活動に参加したことを契機にArduinoに触れるようになった。当初は明確に作りたい物が決まっていた訳ではなかったが、過去のDTM経験や「音楽のまち」浜松市に住んでいること等から、シンセサイザー（音源モジュール）を作ることにした。開発は、実験が行いやすいようにRuby言語を用いてPC上でプロトタイプを開発し、それをArduinoに移植するという手順で進めた。同時に、電子楽器に関する技術や文化的背景についての学習を進めた。そして、完成したのが最初の作品「Digital Synth VRA8」である。

その後、Web Audio APIによる作品制作を挟みつつ、Arduinoを用いた作品制作を続けてきた。2018年から改善を続けている「Digital Synth VRA8-N」はシリーズ6番目の作品である。モノフォニック（単音）シンセサイザーではあるものの（現在はパラフォニックモードも搭載）、サンプリング周波数が31.25 kHzになり、シリーズ最高の音質となっている。

3 8ビットCPUを用いたシンセサイザーの紹介

ArduinoやAtmel AVR、その他の8ビットCPUを用いた楽器やシンセサイザー作品は数多く存在する。Arduino環境での楽器の改造や自作、8ビットCPUの処理能力、RAM、ROM等の制約、PWM出力のサウンドに対して、技術的あるいは音楽的なおもしろさを見出す制作者が多いのではないかと考える。一部の作品を以下に紹介する。

- **Aduino** Tinker.itのPeter Knightさんの作品。
- **CAmiDion** @きよし (Akiyoshi)さんの作品。
- **Mozzi** Tim Barrassさんのライブラリ。
- **fraAngelico** STANDUINO (現Bastl Instruments)社の製品。
- **Atmegatron** Soulsby Synthesizers社の製品。
- **8bit CPU Synth** akira matsuiさんの作品。8051 CPU。
- **ARM Theremin** Haruo Yamashitaさんの作品。

4 VRA8-N v2 設計ノート

● **__attribute__((always_inline))** Arduino IDEはGCCを使用しているが、最適化オプションが-Os (バイナリサイズ最適化) 固定である。そのため、この属性を指定することによって、全関数を強制的にインライン展開している。

● **noInterrupts** 関数 Arduinoは、標準関数microsなどの実現のために、デフォルトでTimer0割り込みを使用している。PWM出力用のTimer0が相当なCPU負荷につながっていたが、前作から割り込みを禁止した。

5 VRA8-N mode-VC仕様

電圧制御 (voltage control) に対応し、ポテンショメーターやアナログシーケンサーを使って演奏可能。Arduino用シンセの名作「Aduino (オーディューノ)」へのリスペクトを含む。スケッチ書き込み前に#defineでモードを選択する。

具体的には、0～5Vの制御電圧 (control voltage) によって音色や音高を調整する。デフォルトの設定は以下の通り (A4やA5の使用やGATE入力対応の改造も可能) : **A0** : CUTOFF 調整, **A1** : RESONANCE 調整, **A2** : OSC MIX 調整, **A3** : PITCH 調整 (いわゆるCV入力, 0Vで発音オフ), **D2** : 音色 PROGRAM 変更 (途中からRANDOM CTRL), **D4** : SCALE MODE 変更 (MODE 0「C Major (2Oct / 5V)」, MODE 1「Chromatic (2Oct / 5V)」, MODE 2「Linear (5Oct / 5V)」)

過去作品の資料

- ・「Digital Synth VRA8-N (v1) 説明資料」 (2018年) http://risgk.github.io/digital-synth-vra8-n/mft2018_isgk_instruments.pdf
- ・「Digital Synth VRA8-Px 説明資料」 (2017年) http://risgk.github.io/digital-synth-vra8-px/mft2017_isgk_instruments.pdf
- ・「Digital Synth VRA8-P 説明資料」 (2016年) http://risgk.github.io/digital-synth-vra8-p/mft2016_isgk_instruments.pdf
- ・「Ruby x Arduino でシンセサイザーを作ってみた」 (2015年) <https://gist.github.com/risgk/0db52ea683530652d933>