

Digital Synth VRA8-N v2.1 for Arduino Uno

ISGK Instruments 2019/5/4-5 Maker Faire Kyoto 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 mini」では電圧制御に対応し、ポテンショメータを使って演奏できます。

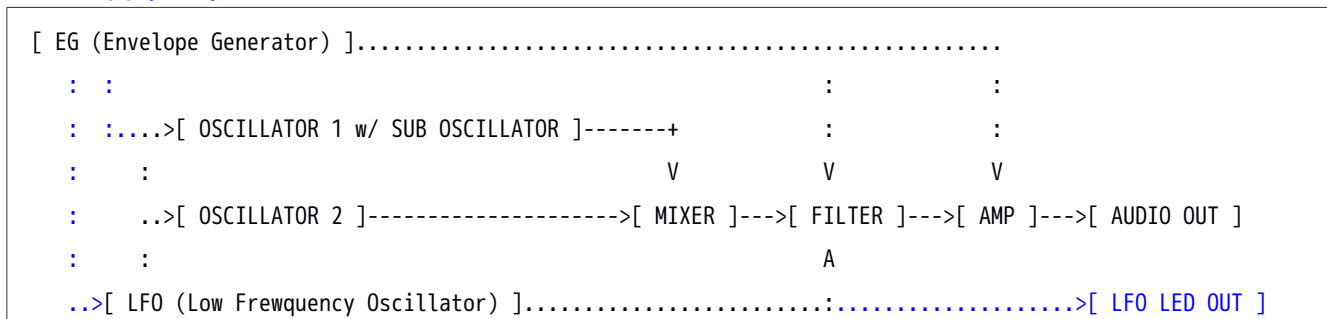
1 Digital Synth VRA8-N仕様

- 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）
- 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またはD5）+RC回路（ f_c ：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
- 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（中央八をC4とする）
- ポルタメント・ピッチベンド・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 ● Webサイト：<http://risgk.github.io/>

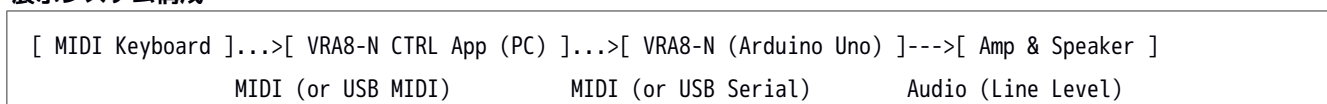
コントローラー一覧 (v2.1)

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	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	----	EXPRESSION > CUTOFF (-/+)	EXPRESSION > AMP LEVEL
PORTAMENTO TIME	LEGATO (OFF/ON)	KEY ASSIGN (L/L/P/H/LAST)	EXP BY VELOCITY (OFF/ON)

ブロック図 (v2.1)



展示システム構成



2 Digital Synth VRA8 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を進めた。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。（詳細については、浜松 Ruby 会議 01 の発表資料「Ruby x Arduino でシンセサイザーを作ってみた」<https://gist.github.com/risgk/0db52ea683530652d933> を参照）

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 Digital Synth VRA8-N v2 設計ノート

前々作「Digital Synth VRA8-P」は http://risgk.github.io/digital-synth-vra8-p/mft2016_isgk_instruments.pdf を、前作「Digital Synth VRA8-Px」は http://risgk.github.io/digital-synth-vra8-px/mft2017_isgk_instruments.pdf を、本作 v1 の設計ノートは http://risgk.github.io/digital-synth-vra8-n/mft2018_isgk_instruments.pdf を参照。

● **__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 mini モード

電圧制御 (voltage control) に対応し、ポテンショメータを使って単独で演奏できるモード (Arduino シンセの名作「Aduino」へのリスペクトもある)。ただし、このモードではサブオシレーターが無効になる (名前「mini」の由来)。#define の有無などによって、スケッチの書き込み時にどのモードで動作させるかを定めることができる。

- **ENABLE_VOLTAGE_CONTROL 有効かつ USE_PITCH_CV_IN 有効** 0-5V の制御電圧で、音色や発音ピッチを指示。

Pot A0 : CUTOFF, **Pot A1** : RESONANCE, **Pot A2** : OSC MIX, **Pot A3** : PITCH (0V でノートオフ),

Button D2 : PROGRAM 変更 (途中から RANDOM CTRL),

Button D4 : SCALE MODE 変更 (デフォルト「Chromatic (20Oct / 5V)」, 外部入力には「Linear (50Oct / 5V)」)

● **ENABLE_VOLTAGE_CONTROL 有効かつ USE_PITCH_CV_IN 無効** 一部コントローラーはポテンショメータで制御するが、ノートオン (発音開始) 等の指示には MIDI キーボードを用いる。(このモードは、MIDI Shield で簡単に試せる)

● **設計ノート** 独自関数を用意して AD 変換完了待ちがビジー状態になるのを回避。AD 変換結果の値 (0-1023) での「プラスマイナス 1」のバラツキは無視。タイマー (カウンター) を使ってボタン入力のチャタリングを防止。