

Digital Synth VRA8-U for Arduino Uno

ISGK Instruments <https://risgk.github.io/>

Arduino Uno の限界に挑戦する、Digital Synth VRA8 シリーズ第 8 弾。8 ビット CPU ひとつで音を合成するシンセサイザー（MIDI 音源）です。シリーズの集大成として、単音モードと 4 和音モードの切り替えに対応、コーラスエフェクターを搭載。ソースコードはフリーで、Arduino Uno、抵抗、コンデンサ、オーディオジャックがあれば作れます。自作楽器などに組み込むことも可能です。

仕様（v1.0）

- 単音（モノフォニック）シンセ「VRA8-N」（2018 年）と
4 和音（パラフォニック）シンセ「VRA8-Q」（2020 年）を合体させたような仕様
- 制御方法：USB シリアル MIDI（38.4kbps）または MIDI（31.25kbps）
- オーディオ出力：単極 PWM（62.5 kHz、L：ピン D5、R：ピン D11） +
ポスト LPF（2 次 RC 回路、カットオフ周波数：33.9 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：16 bit
- 音域：C0 ~ C8（C4：中央ハ） ●Arduino AVR Boards core 1.8.5 使用を強く推奨

単音（モノフォニック）モード時のシンセサイザー部品構成

- オシレーター x 2 + サブ・オシレーター + ミキサー
- フィルター ●アンプ + 専用 EG ●LFO ●EG ●コーラス FX

4 和音（パラフォニック）モード時のシンセサイザー部品構成

- オシレーター x 4 + ゲート x 4 + ミキサー
- フィルター ●アンプ + 専用 EG ●LFO ●EG ●コーラス FX

展示システム構成

[MIDI Keyboard]	---->	[PC (VRA8-U CTRL)]	---->	[VRA8-U]	---->	[Active Speaker]
		USB MIDI		USB Serial		Audio

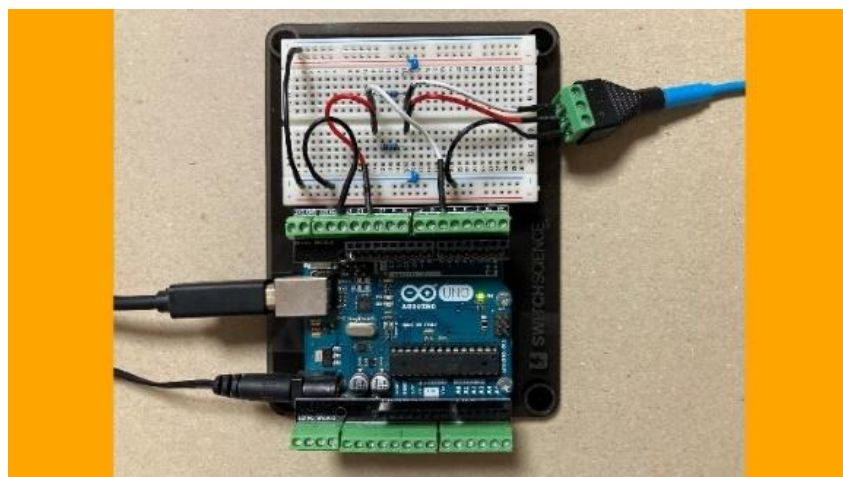
主なパラメーター（MIDI コントロール・チェンジ）（v1.0）

Osc 1 Wave [Saw - Tri Pls Sqr]	Osc 1 Shape \$ [- +]	-	Mixer Sub Osc \$\$
Osc 2 Wave \$ [Saw - Tri Nos Sqr]	Osc 2 Coarse \$ [- +]	Osc 2 Fine \$ [- +]	Mixer Osc Mix \$ [1 2]
Filter Cutoff	Filter Resonance	Filter EG Amt [- +]	Filter Key Track \$ [0.0 0.5 1.0]
EG Attack	EG Decay	EG Sustain	EG Release
EG Osc Amt [- +]	EG Osc Dst [P P2 S1]	Voice Mode [Par Moo Lgt]	Portamento
LFO Wave [T1 T2 Saw SH Sqr]	LFO Rate	LFO Depth	LFO Fade Time
LFO Osc Amt [- +]	LFO Osc Dst [P P2 S1]	LFO Filter Amt [- +]	Amp Level
Amp Attack	Amp Decay	Amp Sustain	Amp Release
Chorus Mode [Off M PS S S2]	Chorus Rate	Chorus Depth	Chorus Delay Time
Pitch Bend Range	-	-	-

\$：パラフォニック・モードでは無効

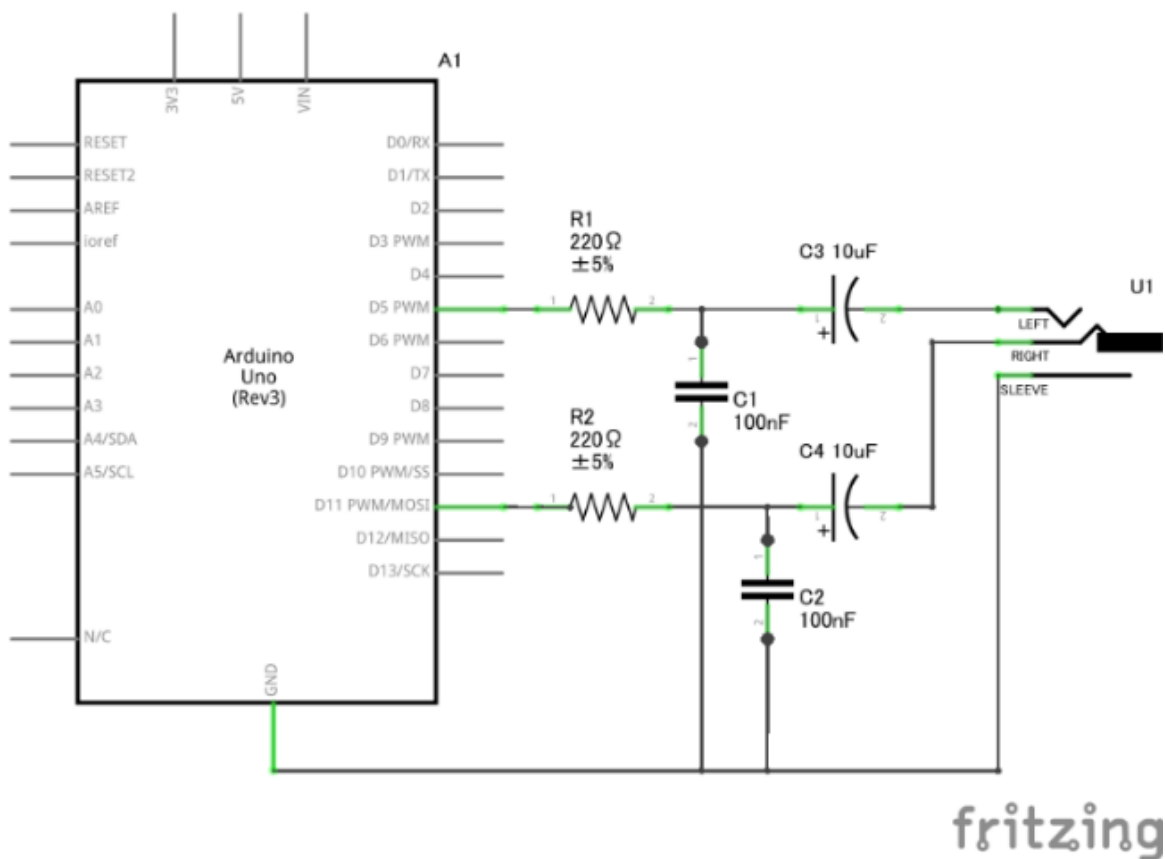
\$\$：パラフォニック・モードでは、またはオシレーター1 波形がパルス波なら無効

工作例



※電解コンデンサを省略

推奨回路図



「U」への道

今年の2月時点では、前々作の単音（モノフォニック）シンセ「VRA8-N」を強化し、オシレーターの波形変調（PWM等）に対応し、2個目のEGを追加した「VRA8-Nx」の開発を検討していた。

4月に開催された電子工作者&シンセビルダー同人展示即売会「ピコケット」に、前作の4和音（パラフォニック）シンセ「VRA8-Q」を久しぶりにリアル展示したところ、なかなか好調だった。このタイミングで強化した、簡易的な単音モードでのオシレーター2のピッチ変更機能も含めて、自分としても「良い音」だと感じた。また、残念ながら、この展示会に来場できない知人の方もいらっちゃった。

これらを受けて、「VRA8-Q」をベースに単音演奏の機能を大幅強化したシンセサイザーを開発する方針に転換した。「U」の由来は、「Monophonic/Paraphonic United Synthesizer」である。（「VRA8-N/Q」や「VRA8-M/P」といった候補もあった）

「VRA8」シリーズの各作品は、別々のコンセプトを持っているが、今作は近年の作品の集大成になっている。しかし、多くの機能にフラッシュメモリを使用するため、波形テーブルに使用できる容量は「Q」よりも小さくなってしまっている（音質低下の懸念）。

設計ノート

- **__attribute__((always_inline))** これで、ほぼ全ての関数を強制的にインライン展開して処理を高速化。
- **noInterrupts()** 標準関数用の Timer0 割り込みを含め、全ての割り込みを禁止することで負荷を軽減。
- **4 和音モード** 一応、4 音「ポリフォニック・シンセサイザー」とも言えるが、音質をコントロールするデジタル・フィルタ（LPF）は 1 個だけなので、「パラフォニック・シンセサイザー」と呼ぶのが正確と理解している。
- **コーラス・エフェクト搭載** ビブラートをかけた音と元の音を一緒に鳴らすことで、音に厚みや広がりを持たせるエフェクター。RAM をあまり消費しないショート・ディレイで実現（いわゆるアナログ・コーラスは、BBD 素子で実現）できる。「1 音あたり 1 オシレーター」の 4 和音モードで、音が厚みが不足する問題への対策にもなっている。コーラス有効時に「ステレオ」コーラス・モード固定だった VRA8-Q v1 と異なり、「モノラル」「疑似ステレオ」「ステレオ」「ステレオ 2 相」という 4 つのコーラス・モードを選択できる。
- **位相分解能 16 bit** CPU パワーの制約により、前々作「VRA8-N」の 24 bit から退化。対応音域でのピッチ誤差はプラス・マイナス十数セントに収まっているのでヨシとしたい。低域ほど誤差が大きい傾向があるが、その「デチューン」感がサウンドの個性に繋がっているかも知れない。
- **オシレーター 1 波形がパルス波なら、サブ・オシレーターは無効** この仕様は、CPU パワーの制約に引っかかったため。PWM に対応するパルス波は、2 個分のオシレーターを使用する。パルス波で 2 個、オシレーター 2 で 1 個、サブ・オシレーターで 1 個なので、和音モードでは 4 和音演奏を実現できているのだから CPU パワーは足りる気がするが、そんなに単純ではなかった。今後のバージョンアップで改善を考えたい。
- **ポスト LPF** Raspberry Pi 4 の PWM オーディオ出力回路を参考に、推奨回路を変更した。音質（PWM 出力のリップルやノイズの低減）とシンプルさのバランスが取れていると考える。

2022 年 9 月 3 日 ・ 4 日 Maker Faire Tokyo 2022

Digital Synth VRA8-**U** for Arduino Uno

ISGK Instruments <https://risgk.github.io/>

