

Digital Synth VRA8-Q for Arduino Uno

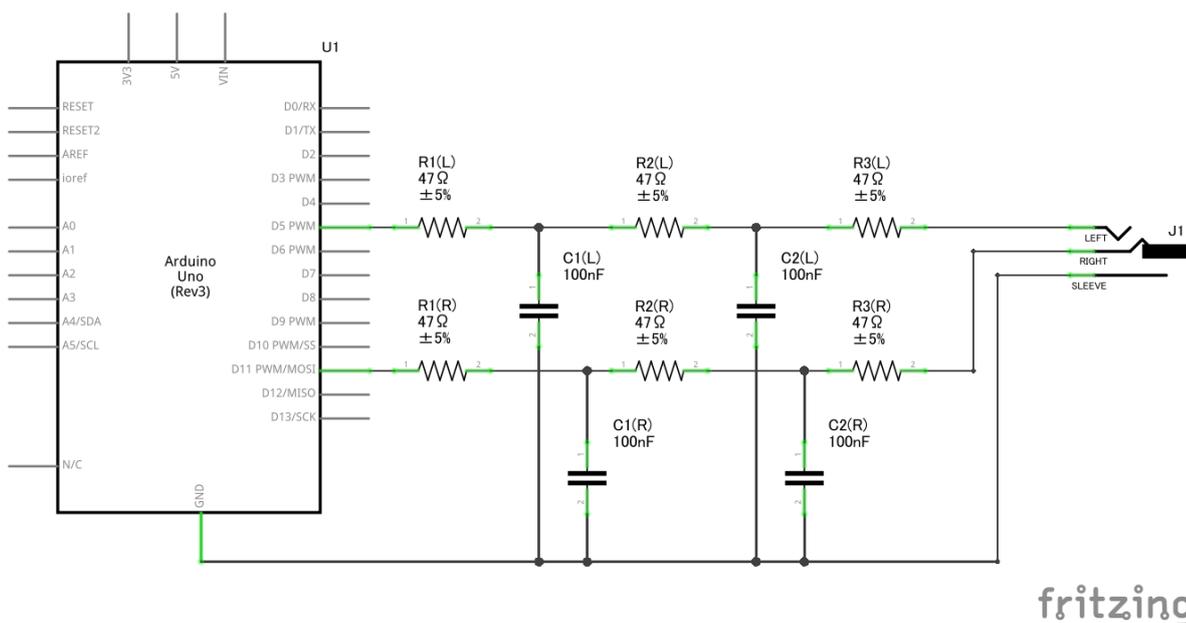
ISGK Instruments <https://risgk.github.io/>

Arduino Uno の限界に挑戦する、Digital Synth VRA8 シリーズ第7弾。8ビット CPU ひとつで音を合成する、4和音対応のシンセサイザー（MIDI 音源）です。スケッチはフリーで公開、Arduino Uno とオーディオジャックだけで作れます。抵抗とコンデンサで構成する RC 回路の追加や、AC アダプターや MIDI シールドの使用で音質アップ。ゲーム機や楽器に組み込むことも可能です。

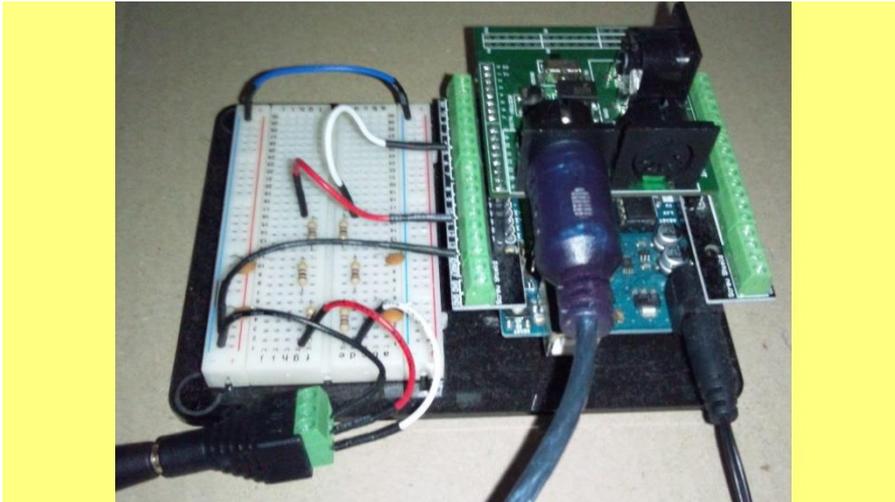
仕様概要 (v1.1)

- 4和音対応（4音パラフォニック） ●ステレオ・コーラス・エフェクター搭載
- 制御方法：USB シリアル（38.4 kbps）または MIDI（31.25 kbps、MIDI シールドを使用）
- 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 追加を推奨（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：C1 ~ C7（C4：中央ハ） ●Arduino AVR Boards core 1.8.3 使用を強く推奨

推奨回路図

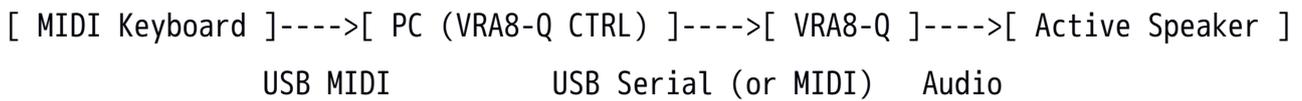


工作例

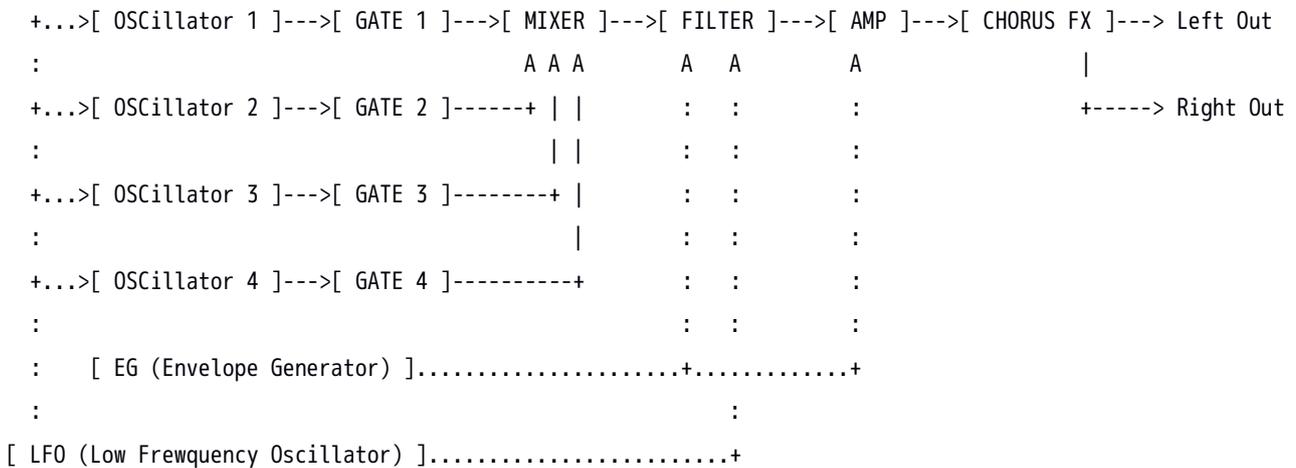


※AC アダプター、MIDI シールドを使用

展示システム構成



シンセサイザー・ブロック図



コーラス・エフェクター仕様

- L 出力：ビブラートをかけたディレイ音、R 出力：原音
- コーラスの深さ：ディレイ時間 ± 0.5 ms から ± 8.1 ms (初期値： ± 2.0 ms)
- コーラスの速さ：LFO 周波数 0.06 Hz から 1.9 Hz (初期値：0.24 Hz)
- ディレイ時間：1.0 ms から 16.3 ms (初期値：10.2 ms)

対応コントロール・チェンジ

OSC WAVE (SAW/PUL)	OSC LEVEL		
CUTOFF	RESONANCE	EG > CUTOFF (-/+)	AMP EG (OFF/ON)
ATTACK	DECAY	SUSTAIN	
LFO DEPTH	LFO RATE	LFO > PITCH (-/+)	LFO > CUTOFF (-/+)
CHORUS DEPTH	CHORUS RATE	CHORUS DELAY TIME	CHORUS (OFF/ON)
PITCH BEND RANGE			
MODULATION	EXPRESSION	DAMPER PEDAL	

設計ノート

- **__attribute__((always_inline))** この属性を指定し、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()** Arduino 標準関数で使用される（本作品ではオーディオ出力に使っている）Timer0 の割り込みを含め、全ての割り込みを禁止することで負荷を軽減。
- **4 和音対応** 4 個のオシレーター搭載で実現。一応、4 音「ポリフォニック・シンセサイザー」と言えるが、音質をコントロールするデジタル・フィルター（LPF）は 1 個のみなので、「パラフォニック・シンセサイザー」と呼ぶのが正確。過去作品 VRA8-Px は、サンプリング周波数が 15.625kHz だったこともあり、「1 音あたり 2 オシレーター」（6 オシレーターで 3 和音）を実現できたが、今回は「1 音あたり 1 オシレーター」である。（なお、作品名の Q は Quadraphonic より）
- **コーラス・エフェクター搭載** 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）できることから、搭載を決定。「1 音あたり 1 オシレーター」のため、音が厚みが不足する問題への対策にもなっている。
- **位相分解能 16 bit** CPU パワーの制約により、前作 VRA8-N の 24 bit から**退化**。周波数単位は約 0.48 Hz（ただし、各ピッチの周波数はこの奇数倍）となっている。デフォルトの A440 設定で、対応音域でのピッチの誤差は±約 10 セントに収まっている（高音ほど誤差が小さい）ので良しとしたい。なお、この「デチューン」がサウンドの個性に繋がっている可能性もある。
- **2 次 RC 回路** PWM 出力のリプルやノイズの低減のため、推奨ポスト LPF を 1 次から 2 次の RC 回路に変更。
- **今後について** しばらくは、機能追加などのバージョンアップを続けていきたい。