

# 1981年のゲームサウンド再現計画「驢馬狸々」 DKS-1981-N Rev.0.0.2 仕様 および TIPS 等

Bonezine Industry

2020/03/06 更新

## 0. この基板でできること

- ・ 某有名アーケードゲームのサウンド回路をできる限り再現しました。
- ・ 3つの固定アナログ効果音と2chのモノフォニックデジタル波形メモリー音源（以下デジタル音源）、特殊効果音1種類を搭載しています。
- ・ USB-MIDI 音源として利用可能です。
- ・ USB-MIDI からデジタル I/O(4bit×2ポート)を操作するハブとしても使えます。
- ・ 197X年のゲームサウンド再現計画シリーズと連携が可能です。
- ・ スケッチ次第ではスタンドアローンで演奏も可能です。

## 1. 基板の各部名称と使い方

### (1) ジャンパー

記号	オープン	ショート
JP1	効果音「JUMP」個別出力 J1 へ出力	サウンド出力 J4 にミックス
JP2	効果音「STEP」個別出力 J2 へ出力	サウンド出力 J4 にミックス
JP3	効果音「STOMP」個別出力 J3 へ出力	サウンド出力 J4 にミックス

### (2) コネクター

記号	機能	備考
J1	効果音「JUMP」 個別出力	ジャンパー JP1 で設定 (ミックス入出力としても使用可能。TIPS 参照)
J2	効果音「STEP」 個別出力	ジャンパー JP2 で設定 (ミックス入出力としても使用可能。TIPS 参照)
J3	効果音「STOMP」 個別出力	ジャンパー JP3 で設定 (ミックス入出力としても使用可能。TIPS 参照)
J4	サウンド出力	デジタル音源の出力(ミックス出力)
J5	外部制御出力用(PORT1)	ProMicro の GPIO D2~D5
J6	外部制御出力用(PORT2)	ProMicro の GPIO D6~D9
J7	予備(GPIO AUX)	ProMicro の GPIO A0~A3

※お詫び：基板 Rev.0.0.2 では基板上の表示「STEP」と「JUMP」が入れ替わっています。

## TIPS :

・ JPI/J2/J3 をショートした状態でそれぞれ C7、C16、C19 を無極性のコンデンサーに交換すれば、J1/J2/J3 は簡易的なオーディオミキサー入力としても動作します。（回路図を参照）

・ JPI/J2/J3 をショートした状態であれば、それぞれに対応する J1/J2/J3 のアナログ効果音とデジタル音源をミックスしたものが、対応する J1/J2/J3 それぞれにも出力されます。ただし実際に使用する場合には出力インピーダンスに注意してください（回路図を参照）

・ PORT1/PORT2 は ProMicro からの GPIO を D2~D9 までの 8 線引き出したもので、MIDI 信号からの制御でデジタル I/O として使うことを想定しています。この基板をハブとして、既発の 197X 年のゲームサウンド再現計画の基板の発音トリガーに接続し、MIDI 信号で制御するドラムマシンのように使うなどの応用が可能です。

・ GPIO AUX は ProMicro のアナログ入力 A0~A3 に割り当てられているがデジタル入出力として利用が可能。予備として配線を出してあり、サンプルスケッチでは使っていません。

## (3)半固定抵抗

記号	機能
RV1	効果音「JUMP」の音量調節
RV2	効果音「STEP」の音量調節
RV3	効果音「STOMP」の音量調節
RV4	ミックス出力の音量調節
RV5	エンベロープ（リリースタイム）の調節
RV6	エンベロープ（アタックタイム）の調節

## (4)ProMicro と電源電圧について

この基板では、ProMicro の 5V 版(ATmega32U4/16MHz)を使用する前提で、電源は ProMicro の VCC 端子（25 番ピン）と GND 端子（3 番、4 番、27 番ピン）に依存しています。

ProMicro を使用しない場合には、VCC 端子に安定化された+5V を供給することが必要です。また GPIO のロジックレベルは全て 5V を想定しています。

## (5)LED について

この基板には LED を 3 つ取り付けることができますが必須ではありません。取り付けなくても問題ありません。LED の輝度は電流制限抵抗 R47、R48、R49 で変更可能です。

記号	機能
D11	ProMicro の DI に接続。サンプルスケッチでは外部制御ポートに信号が送られているとき点灯
D12	PIC16F1705 から出るエンベロープ制御信号が非アクティブのとき点灯
D13	ProMicro の D0 に接続。サンプルスケッチでは効果音発生トリガーがアクティブのとき点灯

## 2. ハードウェアおよびファームウェアの概要

この基板には、固定のアナログ効果音3種類と2chモノフォニックのデジタル音源を搭載しています。

### (1) アナログ効果音：STEP 音

CMOSインバーター4049UBによるマルチバイブレーター回路で三角波のLFOを構成し、タイマーIC555をVCOとして動作させて変調、それをC+Rとトランジスタで作られたワンショットタイマーで音量制御して発音しています。

特徴としてはトリガーがオンになったときと、トリガーがオフになったときの両方のエッジでワンショット波形が発生します。またVCOの周波数をトリガーオンのときはやや低く、トリガーオフの時は高くすることで、足音の「キュッキュッ」となる独特のサウンドになっています。

### (2) アナログ効果音：JUMP 音

構成はSTEP音とほぼ同様ですが、LFOの周波数がSTEP音よりはやや低く、トリガーオフにした時の減衰時間が長めにしています。

### (3) アナログ効果音：STOMP 音

オリジナルではシステムクロックから分周して得られた7.8kHzのクロックを、8bitシフトレジスタ74164を3カスケード接続した24bitのLFSRを構成していて、さらにそれを74161カウンタで8分周したものを疑似ホワイトノイズとして、それをCとRとトランジスタのワンショットタイマーの出力で音量制御しています。

今回の基板ではPIC12F150Iを使って24bit LFSR+分周カウンターをソフトウェアでエミュレーションしました。

### アナログ音源部の独自改良点：

STEP音とJUMP音については、トリガーがオフの状態でもダイオードやトランジスタの漏れ電流によりわずかにVCOからの音が鳴り続けてしまうため、発音終了後に555のリセット端子を0Vにして発振を停止するようにしました。(PIC16F1705ファームウェアに実装)

STOMP音については、トリガーがオフの状態でもダイオードやトランジスタの漏れ電流によりわずかにノイズ音が鳴り続けてしまうため、発音が終了をワンショットタイマーのCの電位から検出して疑似ホワイトノイズを停止するようにしました。(PIC12F150Iファームウェアに実装)

### (3) デジタル波形メモリー音源

オリジナルでは、intel8035 マイコンに 8bit パラレル D/A コンバータ DAC-08 を接続したデジタル音源が使われていて、正弦波テーブルを参照して 2 チャンネル最大 2 音同時再生の出力をしていると思われます。

特徴的なのは、DAC の Vref に C と R が接続されていてトランジスタでオンオフすることで、リリースタイムのみですがエンベロープを作ることができるようになっています。

2 音同時発音可能ですが、エンベロープ回路はひとつしかないので、演奏にあわせてうまく操作しないと変な音に聞こえてしまうことがあります。

今回の基板では、PIC16F1705 内蔵の 8bit DAC および内蔵オペアンプを使い、回路をコンパクト化しました。

これだけでスタンドアロンで動作させることも可能ですが、今回はプログラムの変更に特別な書き込み装置の要らない Arduino 互換機 ProMicro をメインのコントローラーとして使用することにしました。

また、Arduino の MIDIUSB ライブラリを利用して、MIDI シーケンサーから演奏できる MIDI 音源として動作することを想定しています。

PIC16F1705 の動作は、SPI でコマンドを受け取って、DAC への波形テーブルの読み取りと出力、およびアナログ効果音のトリガーをオン/オフするだけの単純なものになっています。

ProMicro の動作は、MIDIUSB から受信した MIDI 信号を解析して SPI から PIC への制御信号を発しているだけの単純なものになっています。

#### デジタル音源部の独自改良点：

- ・エンベロープ（リリースタイム）を半固定抵抗で調節できるようにしました。
- ・アタックタイムを半固定抵抗で調節できるようにしました。オリジナルでは発音開始時にプチプチ音が入りますが、これを低減できます。
- ・波形テーブルはオリジナルでは正弦波のみですが、2 種のプリセットと、ユーザー定義を 1 つ使えるようにしました。

#### 注意点：

- ・サンプリングレートや波形テーブルはオリジナルとは一致させていないため、厳密には同じ音程、同じ波形の出力にはなっていません。

#### 特記事項：

☆特殊効果音「鳴き声」について

「鳴き声」は DAC を使って発音していますが、元の波形データの長さとかロックの違いから、専用の特別な処理で発音させています。そのため、これをリクエストして発音している間は PIC16F1705 は SPI からの信号を受け付けなくなり 数秒間無反応のハングアップ状態になります。つまり、「鳴き声」発音中は MIDI の信号も受け付けないので、楽曲の演奏中に使うことはおやめください。

### 3. サンプルスケッチ (DKS1981N\_AP)

本製品向けに ArduinoIDE 用に記述されたサンプルスケッチ DKS1981N\_AP.ino は、MIDIUSB ライブラリを使用して、PC から USB 接続の MIDI デバイスとして音源や効果音をコントロールするものです。

以降の解説は概要であり、具体的には実際にスケッチに記述されている内容が全てです。

#### (1)有効な MIDI メッセージ

チャンネルメッセージ (チャンネルボイスメッセージ)

- ・ノートオフ(0x8n)
- ・ノートオン(0x9n)
- ・プログラムチェンジ(0xCn)

以上の3つのみ対応しています。それ以外の MIDI メッセージは受信しても何も行いません。ベロシティは無視されます。

#### (2)チャンネル割り当てと有効なノートナンバー

デジタル音源はそれぞれのチャンネルで1音のみ発生可能 (モノフォニック) です。

デジタル音源 ch1	MIDI チャンネル 1	A0~C8 (21~108)、C-1※エンベロープ用
デジタル音源 ch2	MIDI チャンネル 2	A0~C8 (21~108)、C-1※エンベロープ用
効果音	MIDI チャンネル 3	C-1~D#-1 (0~3)
外部出力	MIDI チャンネル 4	C-1~G-1(0~7)

#### (3)デジタル音源のエンベロープ制御について

デジタル音源 ch1 および ch2 については、エンベロープの制御をノートオン/ノートオフとは別に行う必要があるため、ノートナンバー 0(音程で言う C-1)をエンベロープ制御用ゲート (以下「GATE」と称します) のオンオフに割り当てています。

MIDI チャンネル 1 または MIDI チャンネル 2 に対してノートナンバー 0 のノートオンを受信すると GATE オン、ノートオフを受信すると GATE オフになります。

発音中のデジタル音源は GATE オフの時点からリリースタイムが始まり、音量が減衰していきます。

GATE の回路は全体に対して1つしかないので ch1, ch2 に同時に効果がかかります。

#### (4) デジタル音源のプログラムチェンジ (波形テーブル切り替え)

MIDI からプログラムチェンジを受信すると、次の4種類の波形テーブルを切り替えて使うことができます。現時点ではユーザー定義波形をMIDIから変更する機能は実装されていません。

0x00	正弦波 (初期設定)
0x01	組み込み波形1: 正弦波加算合成
0x02	組み込み波形2: 非整数倍音の乗算合成
0x03	ユーザー定義波形 (初期状態では矩形波)

#### (5) 効果音の使い方

効果音はMIDIチャンネル3に対してノートオンを受信すると発生、ノートオフを受信すると停止します。

ノートナンバー	発生する効果音
0(C-1)	特殊効果音「鳴き声」※発声中はハングアップ状態になります。
1(C#-1)	アナログ効果音「STEP」
2(D-1)	アナログ効果音「JUMP」
3(D#-1)	アナログ効果音「STOMP」

#### (6) 外部出力の使い方

PORT1/PORT2の外部出力はMIDIチャンネル4に対してノートオンを受信するとアクティブ、ノートオフを受信するとオフになります。

197X年のゲームサウンド再現計画シリーズの基板とリンクすることを想定し、ノートオンで0V、ノートオフで5Vになる負論理出力になっています。

ノートナンバー	対応する出力ビット
0(C-1)	PORT1 bit0 (ProMicroのD2)
1(C#-1)	PORT1 bit1 (ProMicroのD3)
2(D-1)	PORT1 bit2 (ProMicroのD4)
3(D#-1)	PORT1 bit3 (ProMicroのD5)
4(E-1)	PORT2 bit0 (ProMicroのD6)
5(F-1)	PORT3 bit1 (ProMicroのD7)
6(F#-1)	PORT4 bit2 (ProMicroのD8)
7(G-1)	PORT5 bit3 (ProMicroのD9)