

PlayStation2 ADSR Specification Ver 1.00

ふぁお

PlayStation の SPU1 と PlayStation2 の SPU2 のエンベロープ特性は同じ仕様に従っていることが実機の解析から分かったので、実機から得られた計算式をまとめることにする。

1 表記

以下で出てくる変数は全て、符号付き 32 ビット整数値として扱う。

2 Attack Rate

2.1 直線的増加 (+linear)

Attack Rate は 7 ビット指定であり、取りうる値は 0 から 107 までである。

2.1.1 $0 \leq AR \leq 47$ の場合

エンベロープの増加値 (ENV) は、以下の式で計算される。

$$ENV = 1 \ll (13 - (AR \gg 2));$$

$$ENV = ENV + ((ENV * ((AR \& 3) ^ 3)) \gg 2);$$

リニア増加なので、768 クロックごとに増加分を ENV として加えていけばよい。

32767 を超えたら、32767 に丸める。丸めることは常に成立するので今後略記する。

2.1.2 $48 \leq AR \leq 107$ の場合

エンベロープの増加値 (ENV) と、インターバル (INTVL) は以下の式で計算される。

$$ENV = 4 \mid ((AR \& 3) ^ 3);$$

$$INTVL = 1 \ll ((AR \gg 2) - 11);$$

リニア増加なので、(768×INTVL) クロックごとに増加分を ENV として加えていけばよい。

2.2 擬似指数関数的増加 (+exp)

Attack Rate は 7 ビット指定であり、取りうる値は 0 から 99 までである。

エンベロープのしきい値 (24576) を超えると、直線の傾きが実質 1/4 になる。

増加分によっては、しきい値と一致するか、またいでしまう場合がある。この場合は、またいだ次の増加分から 1/4 にする。しきい値と一致する場合は、その次の増加分から 1/4 にする。
ただし、以下に見るような計算式になるので、注意。

2.2.1 $0 \leq AR \leq 39$ の場合

エンベロープの増加値 (ENV) は、以下の式で計算される。

$$\begin{aligned} \text{ENV} &= 1 \ll (13 - (\text{AR} \gg 2)); \\ \text{ENV} &= \text{ENV} + ((\text{ENV} * ((\text{AR} \& 3) ^ 3)) \gg 2); \end{aligned}$$

リニア増加なので、768 クロックごとに増加分を ENV として加えていけばよい。
しきい値 (24576) を超えたら、増加分を ENV/4 として、768 クロックごとに加える。

2.2.2 $40 \leq AR \leq 43$ の場合

エンベロープの増加値 (ENV) は、以下の式で計算される。

$$\begin{aligned} \text{ENV} &= 1 \ll (13 - (\text{AR} \gg 2)); \\ \text{ENV} &= \text{ENV} + ((\text{ENV} * ((\text{AR} \& 3) ^ 3)) \gg 2); \end{aligned}$$

リニア増加なので、768 クロックごとに増加分を ENV として加えていけばよい。
しきい値 (24576) を超えたら、増加分を ENV/2 として、(768×2) クロックごとに加える。
先ほどと法則が異なっているので注意。

2.2.3 $44 \leq AR \leq 99$ の場合

エンベロープの増加値 (ENV) と、インターバル (INTVL) は以下の式で計算される。

$$\begin{aligned} \text{ENV} &= 4 \mid ((\text{AR} \& 3) ^ 3); \\ \text{INTVL} &= 1 \ll ((\text{AR} \gg 2) - 11); \end{aligned}$$

(INTVL×768) クロックごとに増加分を ENV として加える。
しきい値 (24576) を超えたら、(INTVL×4×768) クロックごとに増加分を ENV として加える。

2.3 キーオン時の遅延

実際にキーオンしてから、エンベロープ値が 0 でなくなるまでの遅延を考える。実機による解析では遅延が確認されたが、法則性が不明である。Rate が大きいと一般に遅延も長くなる。Rate=107 の時で、8843812 クロックもの遅延が起こる。Rate が 48 程度までは 5800 クロック程度の遅延であった。

3 Sustain Level

Sustain Level(SL) は 4 ビット指定で、0 から 15 までの値を取る。Sustain Level(SLV) は以下の式になる。

$$\text{SLV} = 2048 * (\text{SL} + 1) - 1;$$

4 Decay Rate

4.1 指数関数的減少 (-exp)

Decay Rate は 4 ビット指定で、0 から 15 までの値を取る。
Sustain Level の値まで指数関数的に減衰する。
場合によっては Sustain Level をまったく場合があるが、その場合はまたいだ次から Sustain に移行する。

4.1.1 $0 \leq DR \leq 11$ の場合

エンベロープ値の推移は以下の計算式になる。

```
ENV = 32767;  
SHIFT = DR + 1;  
{  
    ENV = ENV + ((-ENV) >> SHIFT); //SLV を下回るまでループ  
    // do something  
}
```

インターバルは 768 クロックである。

4.1.2 $12 \leq DR \leq 15$ の場合

エンベロープ値の推移は上記の計算式で $DR = 11$ の場合と同様であるが、インターバルが変化する。インターバルの計算式は以下ようになる。

```
INTVL = 1 << (DR - 11);
```

従って、 $(INTVL \times 768)$ クロックごとにエンベロープ値が変化する。

5 Sustain Rate

Sustain Rate は 7 ビット指定である。

5.1 直線的増加 (+linear)

Attack の場合の +linear と同様である。ただし、Sustain 開始位置からエンベロープ値が上昇することのみ異なる。

32767 に達したら、キーオフされるまで、その値が保たれる。

5.2 直線的減少 (-linear)

Sustain Rate は 7 ビット指定であり、取りうる値は 0 から 107 までである。+linear の場合と微妙に計算式が異なっていることに注意。

5.2.1 $0 \leq SR \leq 47$ の場合

エンベロープの変化値 (ENV) は、以下の式で計算される。

```
ENV = 1 << (13 - ((SR - 1) >> 2));  
ENV = ENV + ((ENV * ((SR & 3) ^ 3)) >> 2);
```

リニア減少なので、Sustain 開始位置から 768 クロックごとに ENV ずつ減衰させていく。

5.2.2 $48 \leq SR \leq 107$ の場合

エンベロープの変化値 (ENV) と、インターバル (INTVL) は以下の式で計算される。

```
ENV = 8 - (SR & 3);  
INTVL = 1 << ((SR >> 2) - 11);
```

リニア減少なので、(768×INTVL) クロックごとに変化分を ENV として引いていけばよい。

5.3 擬似指数関数的増加 (+exp)

Attack の場合の +exp と同様である。ただし、Sustain 開始位置からエンベロープ値が上昇することのみ異なる。

32767 に達したら、キーオフされるまで、その値が保たれる。

5.4 指数関数的減少 (-exp)

5.4.1 $0 \leq SR \leq 47$ の場合

ENV は以下の計算式になる。

```
SHIFT = (SR >> 2) + 4;  
FACTOR = 8 - (SR & 3);  
{  
    ENV = ENV + ((-FACTOR * ENV) >> SHIFT); //キーオフまでループ  
    // do something  
}
```

768 クロックごとにエンベロープ値を更新すればよい。

5.4.2 $48 \leq SR \leq 107$ の場合

エンベロープ値とインターバルは以下の計算式になる。

```
MOD_SR = 44 + (SR & 3); //SRを決めなおす。ENVはこの変更されたMOD_SRで計算する。  
INTVL = 1 << ((SR >> 2) - 11);
```

エンベロープ値の推移は変更された MOD_SR を使って計算する。
(INTVL×768) クロックごとにエンベロープ値を変化させればよい。

6 Release Rate

Release Rate は 5 ビット指定である。取りうる範囲は 0 から 26 である。

6.1 直線的減少 (—linear)

6.1.1 $0 \leq RR \leq 11$ の場合

ENV は以下の計算式である。

$$\text{ENV} = 1 \ll (14 - \text{RR});$$

768 クロックごとに、ENV ごとに減衰していく。

6.1.2 $12 \leq RR \leq 26$ の場合

エンベロープ値とインターバルは以下の式になる。

$$\text{ENV} = 8;$$

$$\text{INTVL} = 1 \ll (\text{RR} - 11);$$

(INTVL×768) クロックごとにエンベロープ値を変化させればよい。

6.2 指数関数的減少 (—exp)

6.2.1 $0 \leq RR \leq 11$ の場合

Decay の場合の —exp と同一である。ただし、Release 開始時のエンベロープ値から減衰させる。

6.2.2 $12 \leq RR \leq 26$ の場合

RR = 11 として計算する。ただしインターバルが以下の式になる。

$$\text{INTVL} = 1 \ll (\text{RR} - 11);$$

(INTVL×768) クロックごとにエンベロープ値を変化させればよい。

7 ADSR の推移

キーオン時の遅延はあるが、ADSR と推移していくときの遅延は有意にはないという結果が得られた。従って、考慮に入れるならキーオン時の遅延であろう。

8 謝辞

SPU のデータや計算式を公開されている 2510 さんに感謝します。計算式などを引用しました。

9 連絡先

このドキュメントに関して、不明な点、間違いなど問い合わせがあれば、
webmaster@project-fao.org
までメールを送ってください。