

# 10. ノッチ特性を有するスペクトラム拡散

10-1 パルスコーディング方式とは

10-2 各種パルスコーディング方式

PWC、PCC、PPC、複合コーディング

10-3 PWC方式電源の実装

# 10. ノッチ特性を有するスペクトラム拡散

## 10-1 パルス幅コーディングとは

- DAコンバータにおける入出力関係

- \* デジタル信号H/Lに対して  
2種のパルスを出カして識別

- \* 出カパルスのパラメータ  
・幅、位相、周期、レベル

- パルスコーディング出力を検討

- \* 出カパルス列のスペクトラム  
⇒局部的に低ノイズ帯域が発生

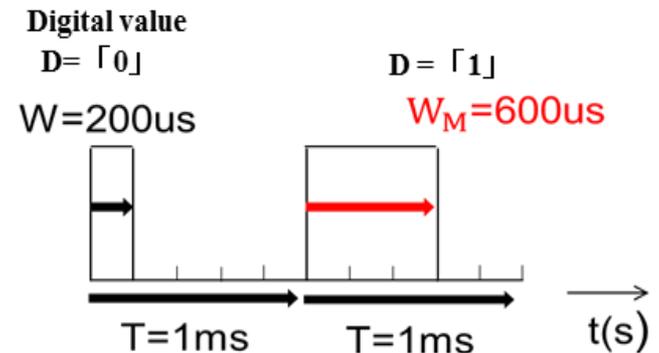


図10.1 パルス幅コーディング方式

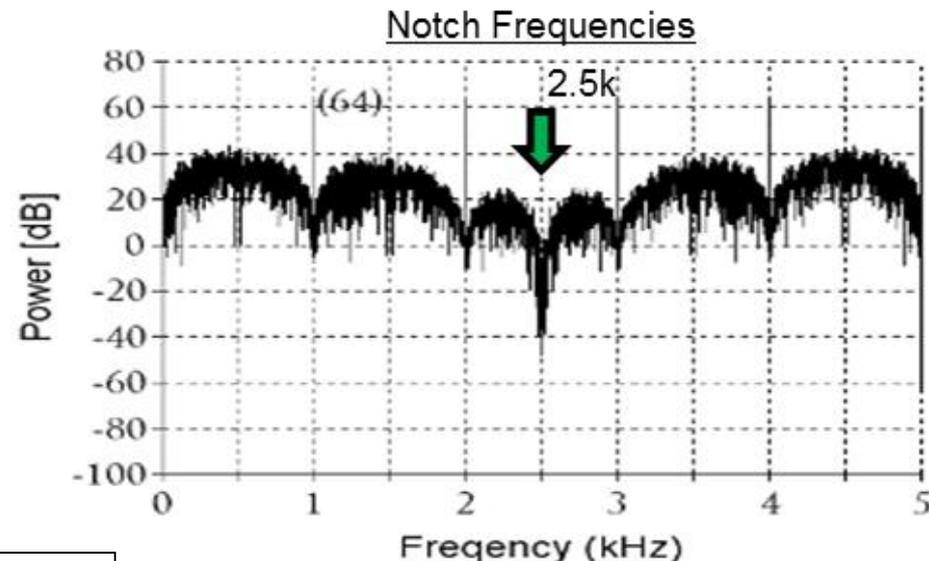


図10.2 PWCにおけるノッチ特性

PWM: Pulse Width Modulation、PWC: Pulse Width Coding  
PPC: Pulse Position Coding、PCC: Pulse Cycle Coding

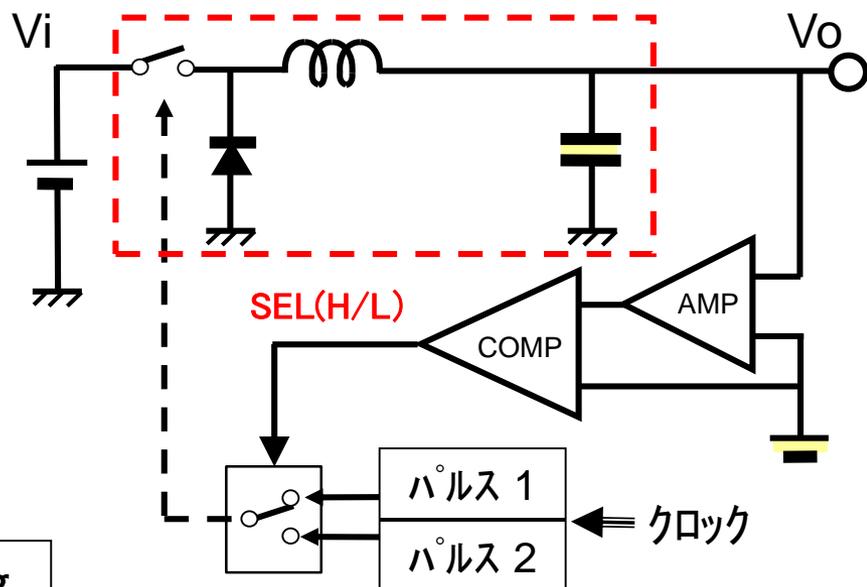
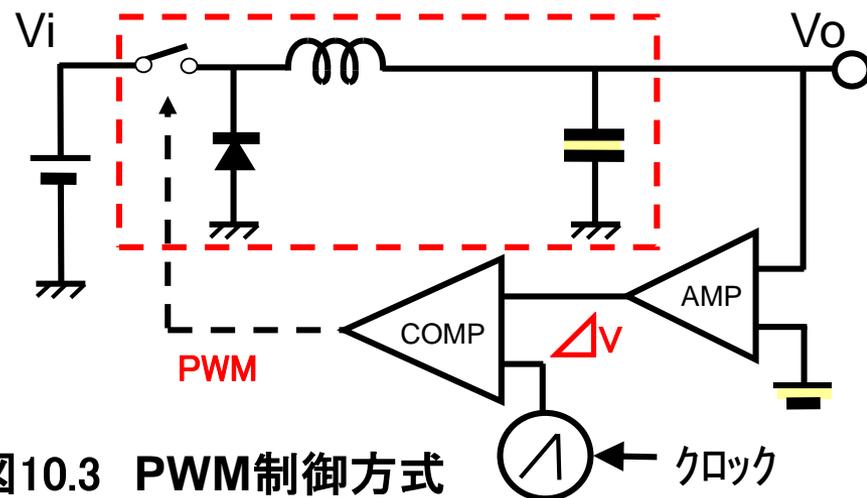
# ★ パルス・コーディング方式電源

## ● 従来PWM制御方式

- \* 固定クロックで鋸歯状波を発生し、出力誤差増幅電圧と比較してリニア変化するデューティ・パルスで制御

## ● パルスコーディング制御方式

- \* 固定周波数クロックで、出力誤差増幅電圧を2値変換し、このSEL信号で異なるパラメータのパルスを選択
  - ⇒ 離散的变化で高速に制御 (一般的に、2種類のパルスを利用)
- \* パルスコーディング方式は多方式あり
  - ・単純方式:PWC、PPC、PCC等
  - ・複合方式:上記方式の組合せ



PWM:Pulse Width Modulation、PWC:Pulse Width Coding  
 PPC:Pulse Position Coding、PCC:Pulse Cycle Coding

## 10-2 各種パルスコーディング方式

### ●コーディング・パルスの発生方式

右図の赤線枠内の様に

- ・クロックに同期して、2パルスを発生
- ・SEL信号により選択出力

### ●デューティD の条件

\* 制御可能なデューティの関係

$$D_H > D_o > D_L$$

ただし、 $D_o = V_o / V_i$  (定常時のD)

\* 変換ゲイン: G

$G \propto (D_H - D_L)$  デューティ差に比例

\* クロック周波数

PWM方式の5倍程度(500k ~ 1 MHz)

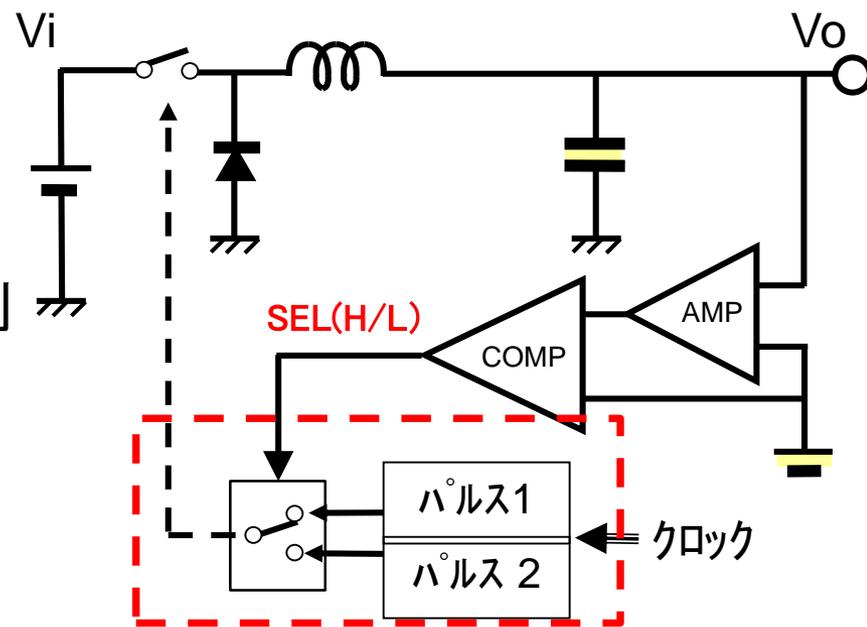


図10.4 パルスコーディング制御方式

# 1)パルス幅コーディング(PWC)方式

PWC:Pulse Width Coding

## ●パルス条件とノッチ周波数

### \* シミュレーション例(スペクトラム特性)

- ・測定点:スイッチ駆動のPWM信号
- ・クロック周波数:500 kHz (T=2.0 us)
- ・パルス条件:  
 $W_H = 1.6 \text{ us}$  ( $D_H = 0.8$ ),  $W_L = 0.2 \text{ us}$  ( $D_L = 0.1$ )
- ・ノッチ周波数

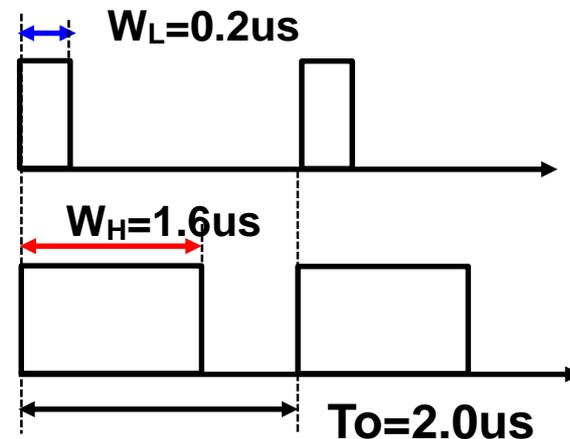


図10.5 PWCパルス例

$$\begin{aligned} F_N &= N / (W_H - W_L) \\ &= N / (1.6 - 0.2) \text{ us} \\ &= N \cdot 0.71 \text{ MHz} \\ &= 0.71, 1.4, \dots \text{ MHz} \end{aligned}$$

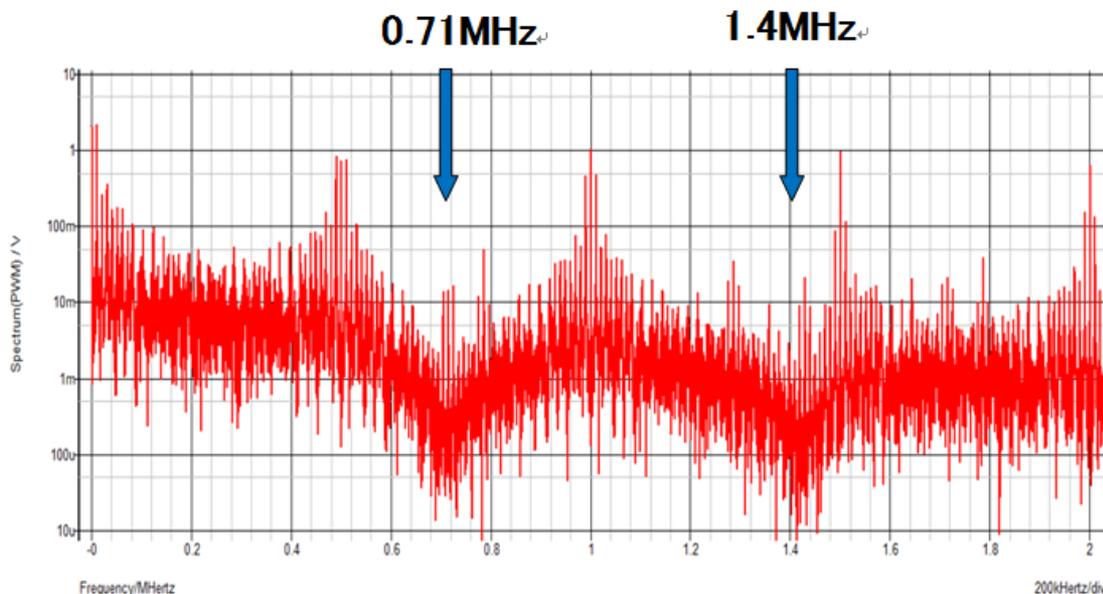


図10.6 PWC方式降圧形電源のスペクトラム

## 2) パルス周期コーディング (PCC) 方式

### ● パルス条件とノッチ周波数

#### \* シミュレーション例

⇒ 制御周波数の変化で、伝達特性が変動

#### \* パルス条件: パルス幅 $W=1.3 \text{ us}$

$T_L = 3.5 \text{ us}$  ( $D_L = 0.37$ ),  $T_H = 2.0 \text{ us}$  ( $D_H = 0.65$ )

#### \* ノッチ周波数

$$\begin{aligned}
 F_N &= N / (T_L - T_H) \\
 &= N / (3.5 - 2.0) \text{ us} \\
 &= N \cdot 0.67 \text{ MHz} \\
 &= 0.67, 1.33, 2.0 \dots \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

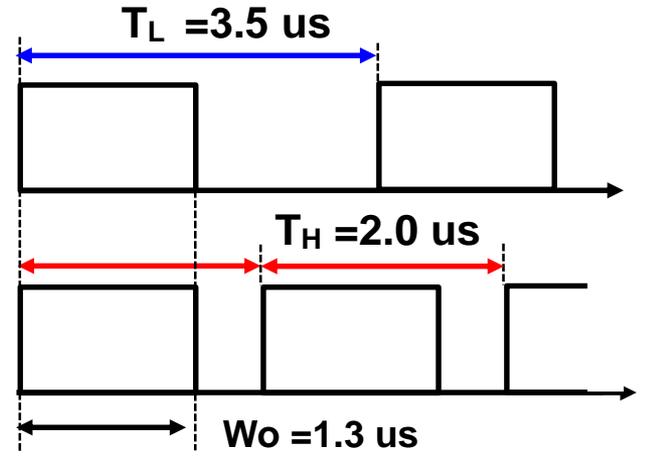


図10.7 PCCパルス例

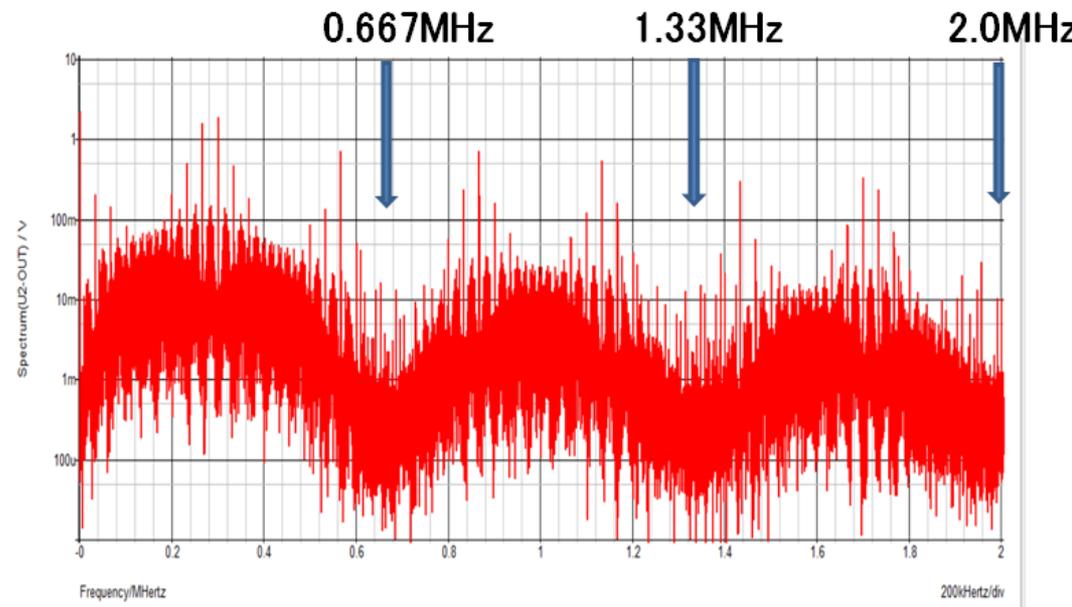


図10.8 PCC方式スペクトラム

# ●出力電圧リップル(シミュレーション結果)

\* PCC方式 パルス条件

$$D_o = 5.0V / 10V = 0.5$$

$$D_H = 1.3 / 2.0\mu s = 0.6$$

$$D_L = 1.3 / 3.5\mu s = 0.38$$

\* 回路条件

$$V_i = 10V、V_o = 5.0V、I_o = 0.25A$$

\* 出力電圧リップル

$$\Delta V_o = 10 \text{ mVpp} \quad (V_o \text{ の } 0.2\%)$$

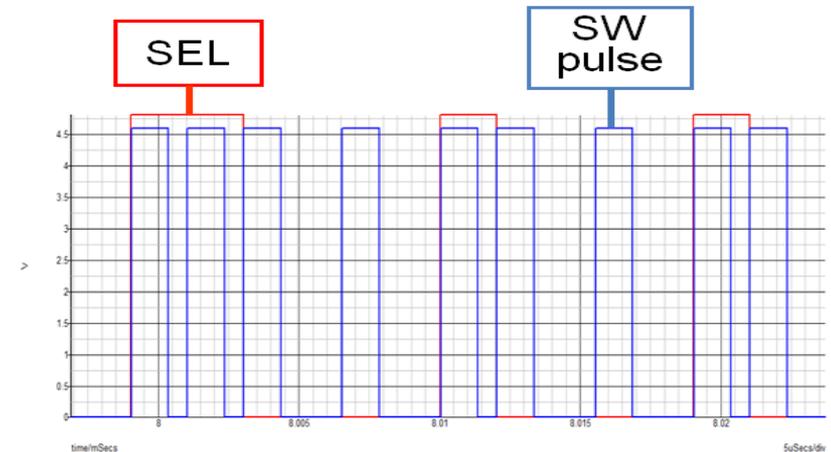


図10.9 PCC方式シミュレーション波形

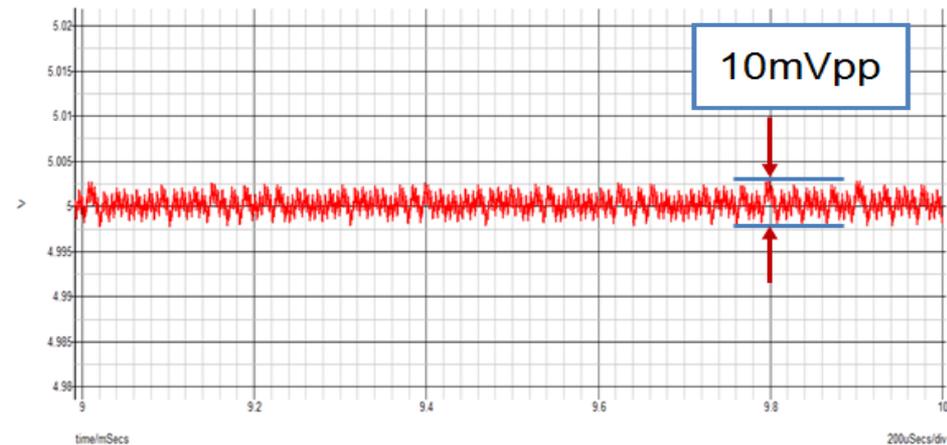


図10.10 PCC方式スペクトラム

### 3) パルス位相／位置コーディング (PPC) 方式

\* デューティの変化なし

⇒ 電源制御には 不適

⇒ 複合コーディング方式に有効

PPC: Pulse Phase/Position Coding

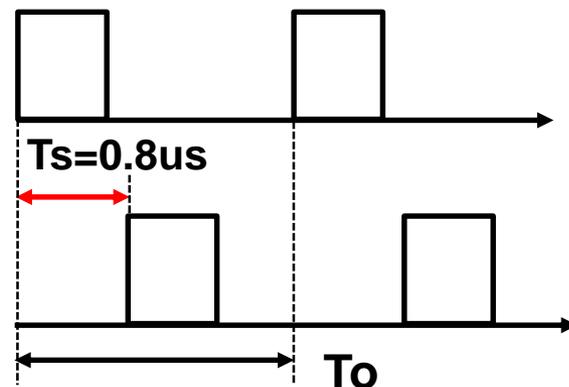


図10.11 PPCパルス例

### 4) 複合コーディング方式

#### 4-1) PWC+PPC方式 (PWPC方式)

\* 2種類のノッチ周波数が発生

・ノッチ周波数

$$F_{N1} = N / (W_H - W_L)$$

$$F_{N2} = M / T_S$$

・大ノッチ特性の発生

$$F_N = F_{N1} = F_{N2} = \text{とすれば}$$

さらにノイズ低減されたノッチ発生

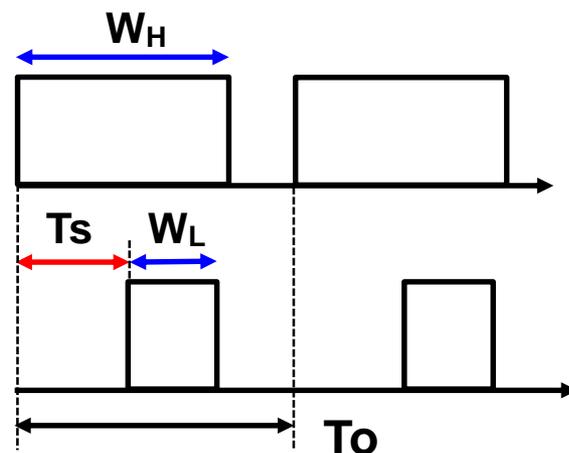


図10.12 PWPC方式

# ● PWPC方式 大ノッチ特性

\* 2種類のノッチ周波数が発生

⇒  $F_{ck}=0.715 \text{ MHz}$

$$F_N = F_{N1} = F_{N2} \\ = 6.2 \text{ MHz (T=0.16 \text{ us})}$$

## 4-2 PWC+PCC方式 (PWCC方式)

\* 詳細は検討中

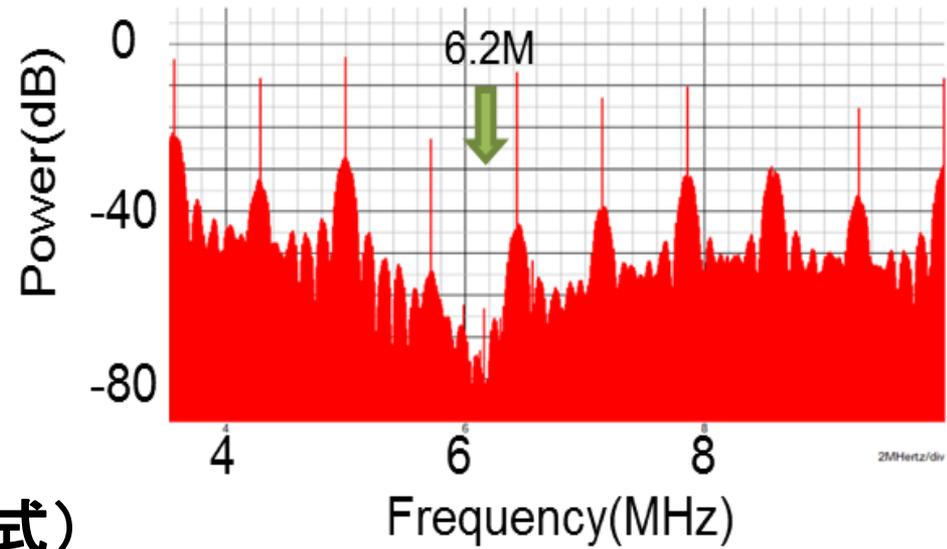


図10.13 PWPC方式 大ノッチ特性

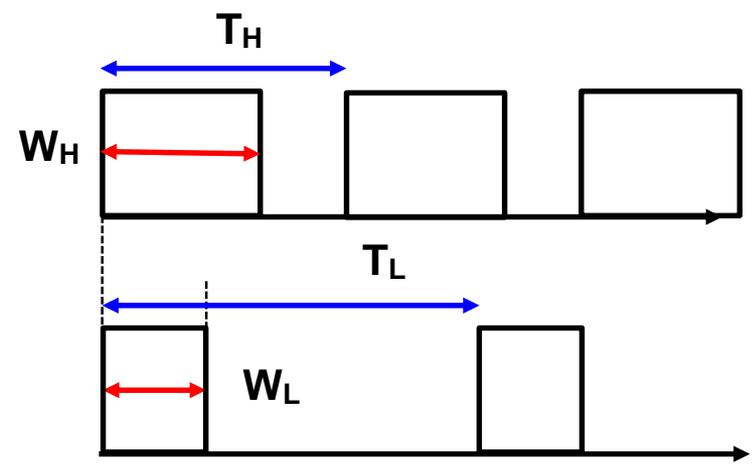


図10.14 PWCC方式パルス例

# 10-3 PWC方式電源の実装

## 1. 昇圧形電源の実装結果

### ●実装条件

$V_i=5.0\text{ V}$

$V_o=10\text{ V}$

$I_o=0.2\text{ A}$

$F=160\text{ kHz}$

### ●実装波形

- ・鋸歯状波
- ・PWM信号

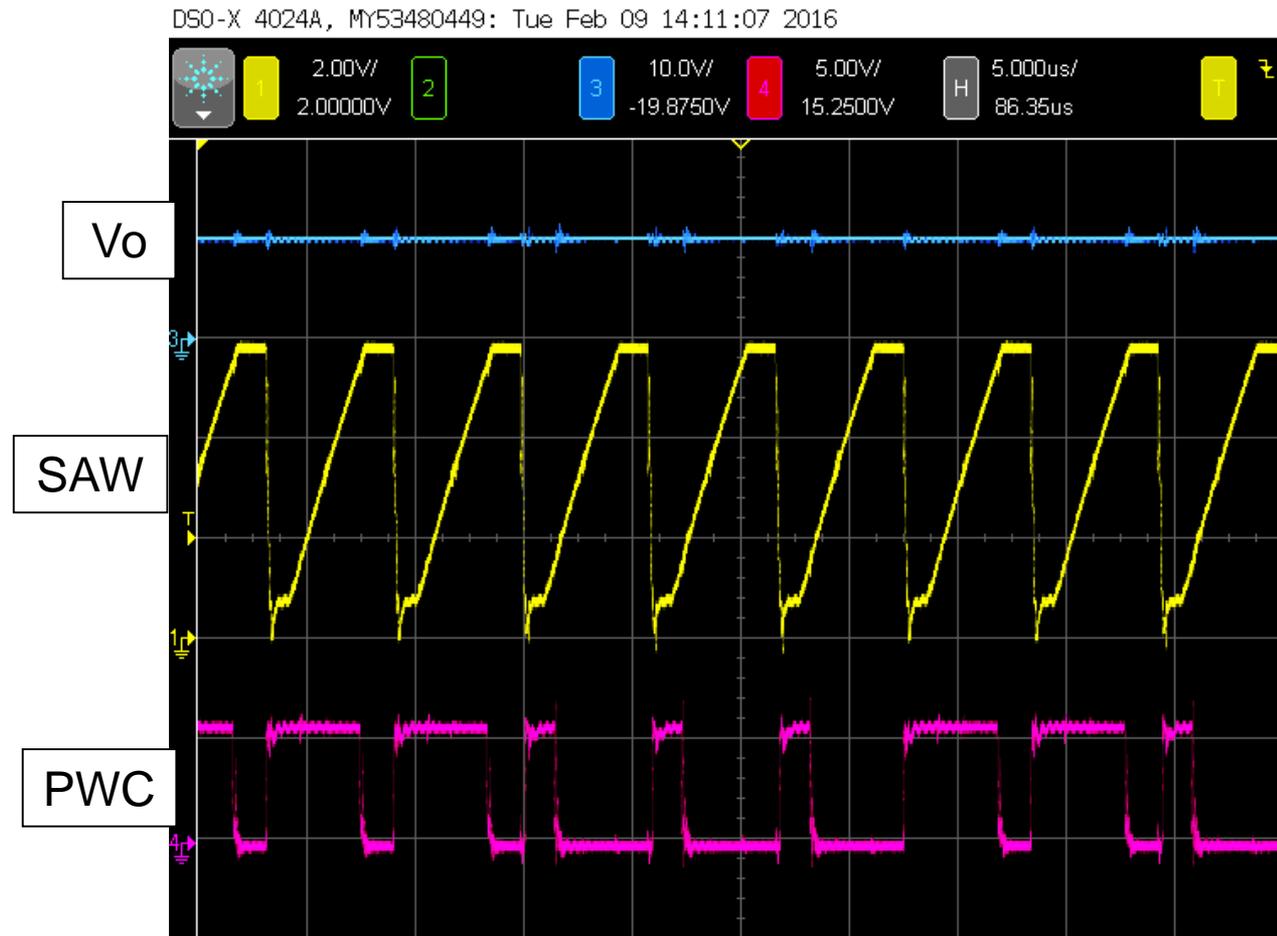


図10.15 PWC方式パルス波形(昇圧型)

# ● スペクトラム(昇圧形)

## 1) パルス条件1

### \* パルス幅

・クロック周波数:  $F_{ck}=160\text{kHz}$

### ・パルス幅

$W_L=5.0\text{ ns}$  (D=0.80)

$W_H=1.0\text{ ns}$  (D=0.16)

### \* ノッチ周波数

$F_N=N / (5.0 - 1.0)\text{ ns}$

$= 250 \cdot N\text{ kHz}$

### \* 発生位置

$F_{ck} - 2F_{ck}$  の間

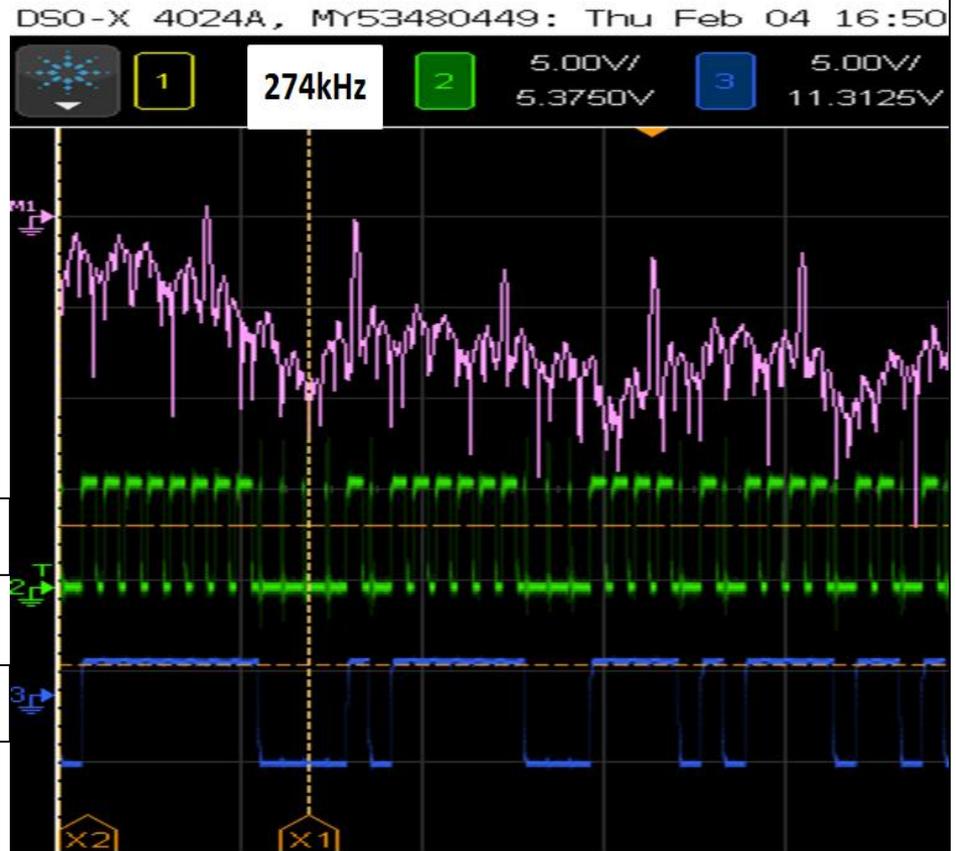


図10.16 PWC方式スペクトラム(1)

## 2) パルス条件2

### \* パルス幅

・クロック周波数:  $F_{ck}=160\text{kHz}$

### ・パルス幅

$W_L = 4.0\text{ ns}$  ( $D=0.64$ )

$W_H = 1.1\text{ ns}$  ( $D=0.176$ )

### \* ノッチ周波数

$$F_N = N / (4.0 - 1.1)\text{ ns}$$
$$= 345 \cdot N\text{ kHz}$$

### \* 発生位置

$2F_{ck} - 3F_{ck}$  の間



図10.17 PWC方式スペクトラム(2)

### 3) パルス条件3 [高周波化]

#### \* パルス幅

・クロック周波数 :  $F_{ck}=420\text{kHz}$

#### ・パルス幅

$W_L = 2.0 \text{ ns}$  ( $D=0.84$ )

$W_H = 1.0 \text{ ns}$  ( $D=0.42$ )

#### \* ノッチ周波数

$$F_N = N / (2.0 - 1.0) \text{ ns}$$
$$= 1.0 \cdot N \text{ MHz}$$

#### \* 発生位置

$2F_{ck} - 3F_{ck}$  の間

DSO-X 4024A, MY53480449: Fri Feb 12 12:44:06 2016

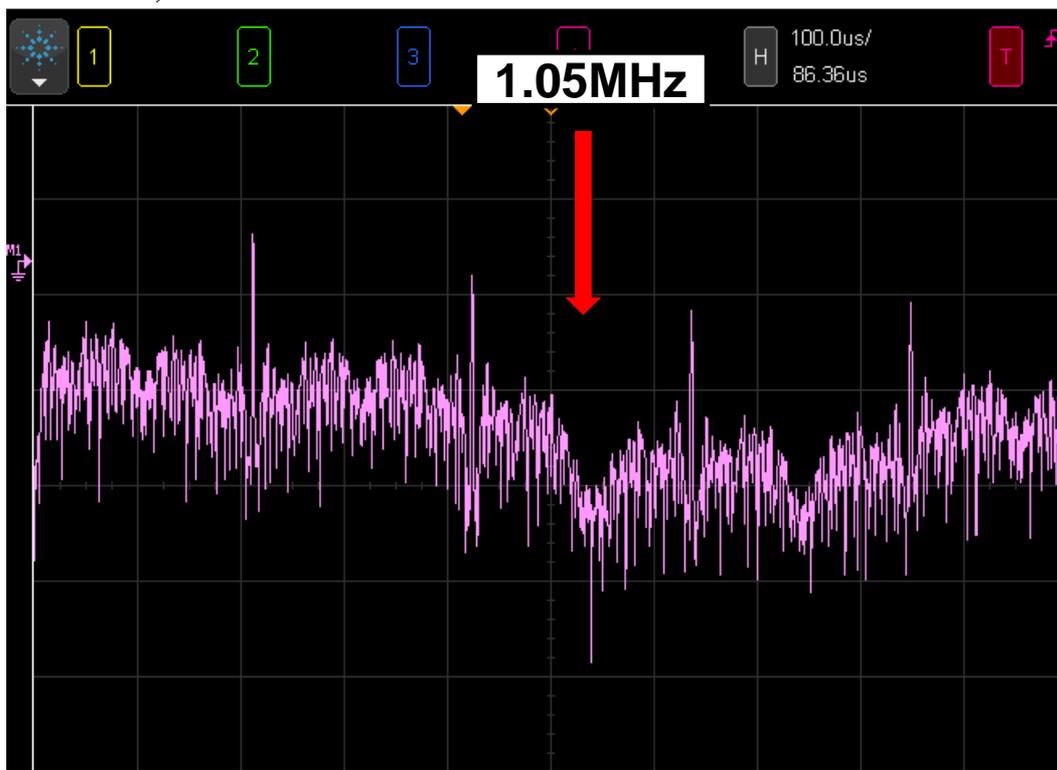


図10.18 PWC方式スペクトラム(3)

## 2. 降圧形電源の実装結果

### ●実装波形

- ・出力電圧リップル波形(2MHz制限)  
実質リップル: 8mVpp  
(スイッチング・ノイズ大)
- ・過渡応答特性  
シュート量:  $\pm 18 \text{ mV}$   
@  $\Delta I_o = 0.2 \text{ A}$

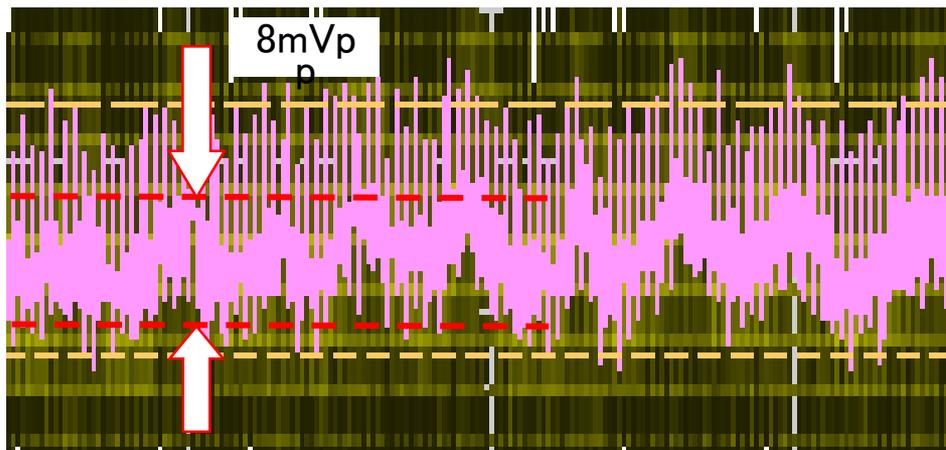


図10.19 PWC方式降圧形電源の出力リップル

表1 PWC方式降圧形電源のパラメータ

Vin	Vo	Io
10 V	5.0 V	330 mA/530mA
Period: T	Pulse Width 1	Pulse Width 2
1.67 $\mu$ s	1.46 $\mu$ s	0.40 $\mu$ s
L	C	Period of Io SW
100 $\mu$ H	610 $\mu$ F	2.0 ms

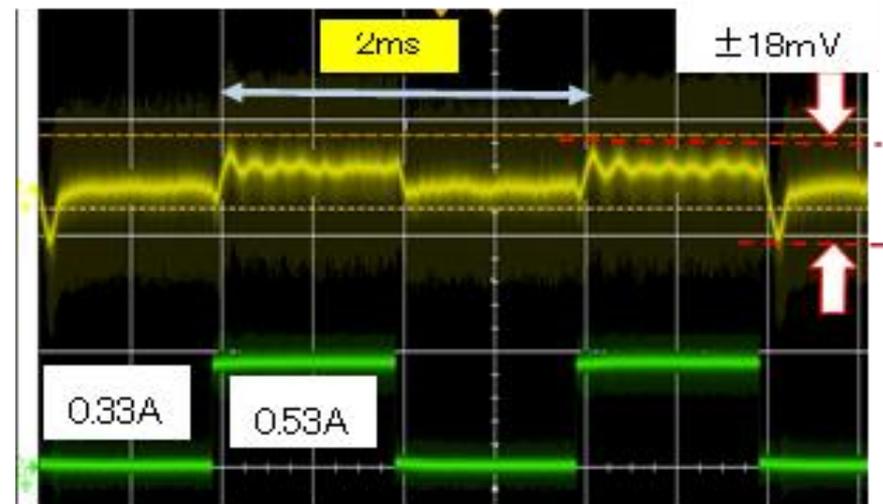


図10.20 PWC方式電源の過渡応答特性

## ● スペクトラム

1) パルス条件1: パルス幅 : 表1参照

\* ノッチ周波数

$$F_N = N / (1.46 - 0.40) \text{ ns} = 940 \cdot N \text{ kHz}$$

- ・ 2倍のノッチ特性は、クロック高調波と重なり見えない

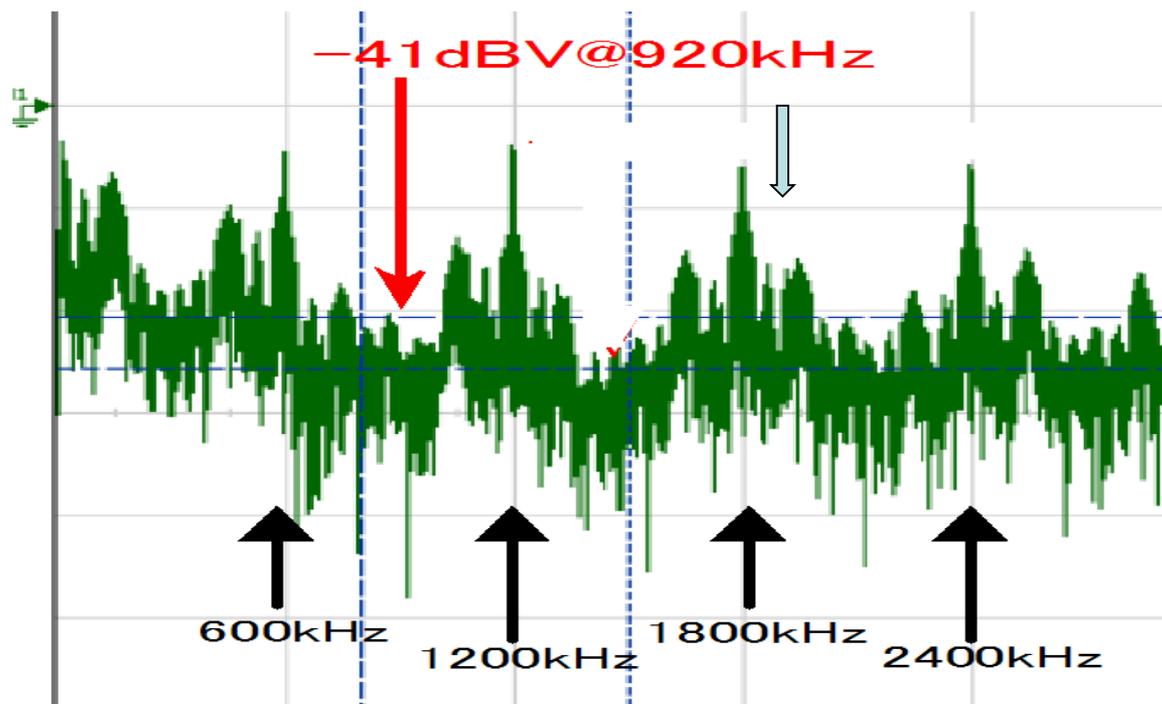


図10.21 PWC方式パルス波形(降压形)

★現在、複合コーディング方式やノッチ特性の拡大方式や高周波化を研究中です。

以上で講義を終わります。

質問はありませんか？