

# ノイズ拡散帯域選択 スペクトル拡散クロック発生技術

群馬大学 理工学研究院 電子情報部門

教授 小林春夫

博士前期課程 ハタミ ラミン

# 発表内容

## I. 研究概要

## II. 提案手法

i. パルス周期変調  $\Delta\Sigma$ DTC

ii. パルス位置変調  $\Delta\Sigma$ DTC

iii. パルス幅変調  $\Delta\Sigma$ DTC

iv. 疑似ランダム  $\Delta\Sigma$ DTC

v. 提案アルゴリズムのさらなる展開

## III. ノイズ拡散帯域の解析

## IV. シミュレーション結果

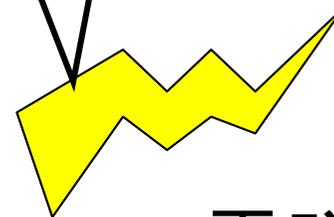
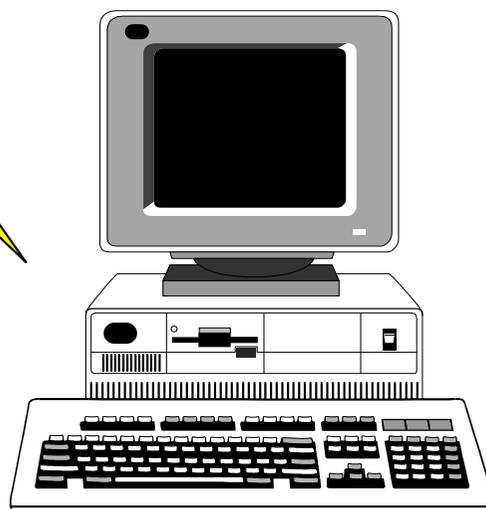
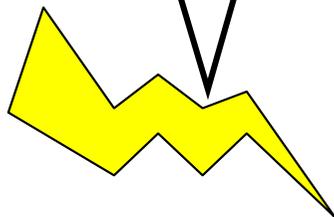
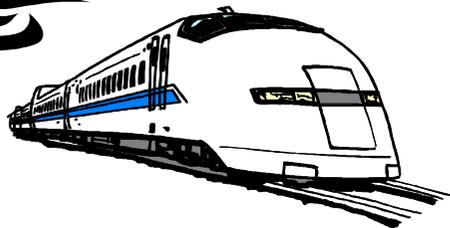
## V. 結論

# プロセッサ、電源のEMI低減化

EMI (ElectroMagnetic Interference) とは

どれくらいノイズに  
耐えられるか

どれくらいノイズを  
出さないか



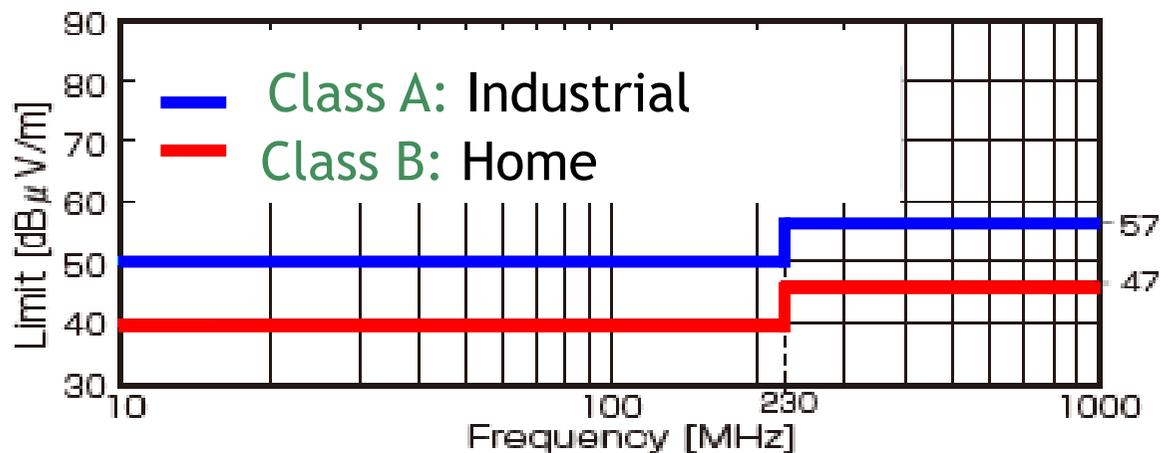
電磁波感受性  
**EMS**

電磁波障害  
**EMI**

$$\text{EMC} = \text{EMS} + \text{EMI}$$

Electro **M**agnetic **C**ompatibility: 電磁環境両立性 3

# EMI の問題



## EMI Regulation (CISPR22) in Japan

完全解決は難しい



Time Consuming

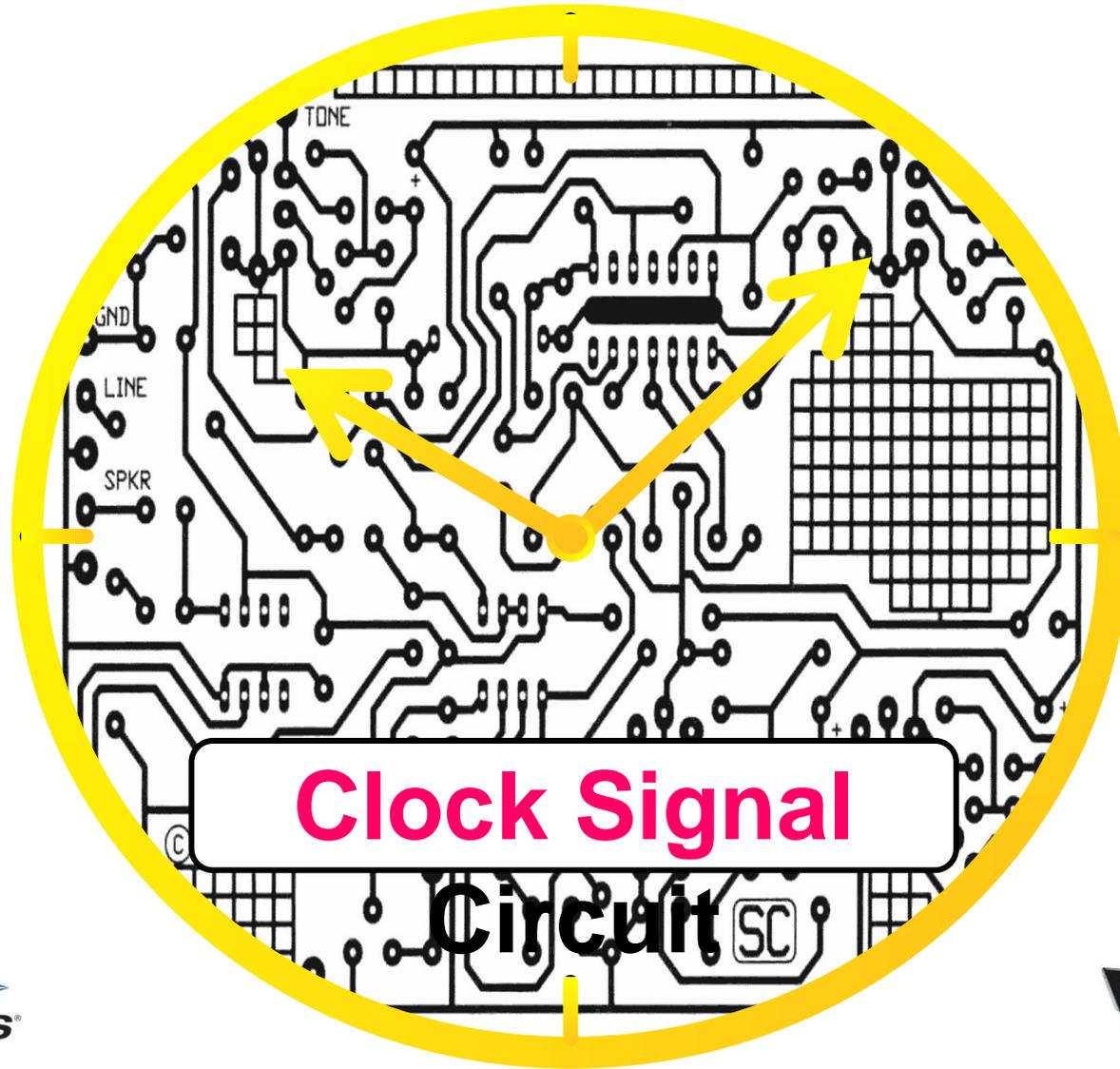
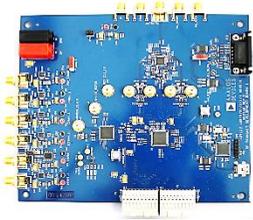


Costly

無視は危険

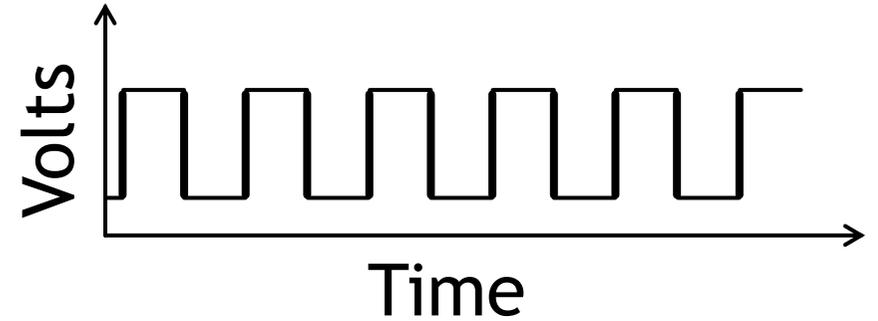
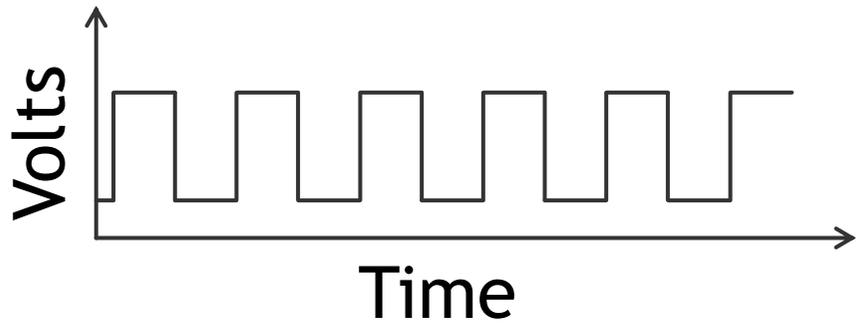


# 電子機器でのクロックの多用

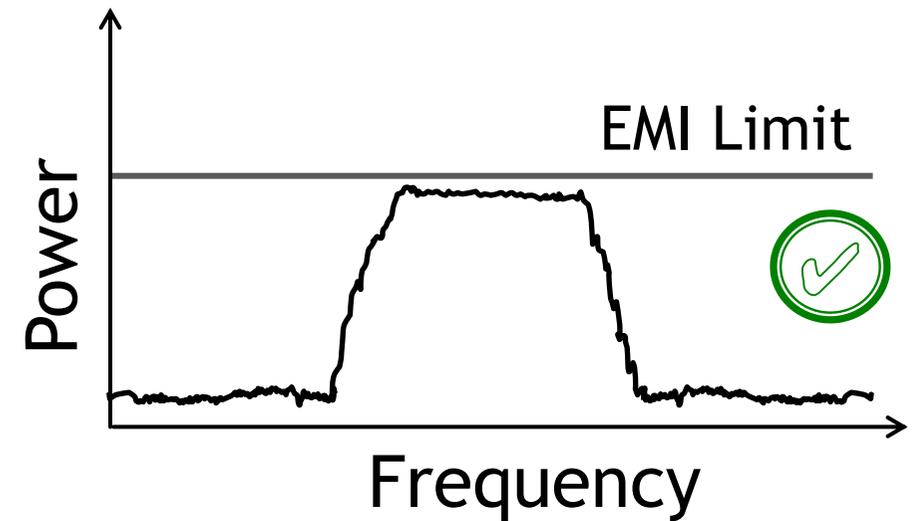
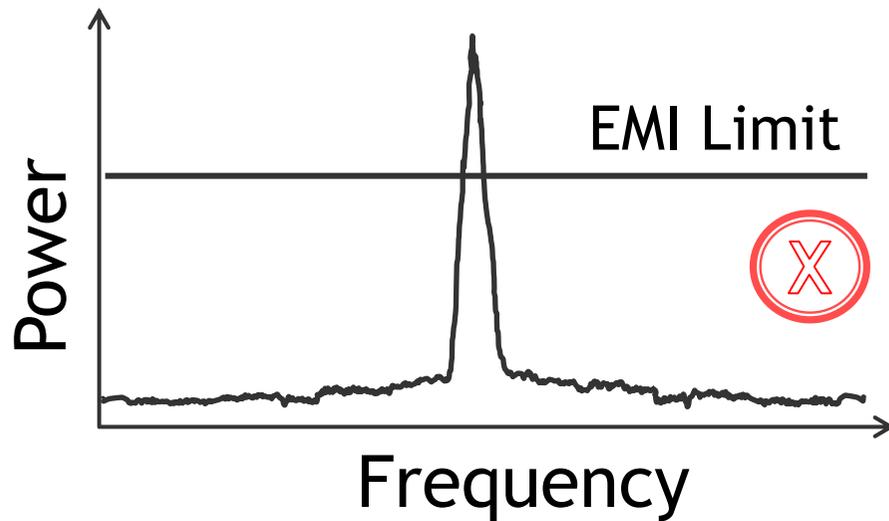


Clock is everywhere !

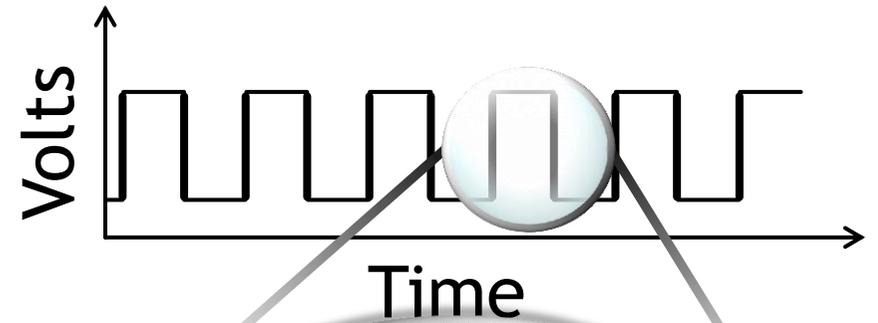
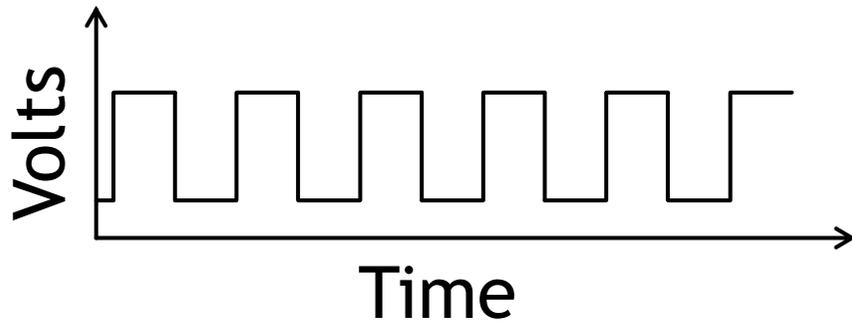
# 周波数拡散クロック技術



クロック立ち上がりタイミングに  
意図的に揺らぎ

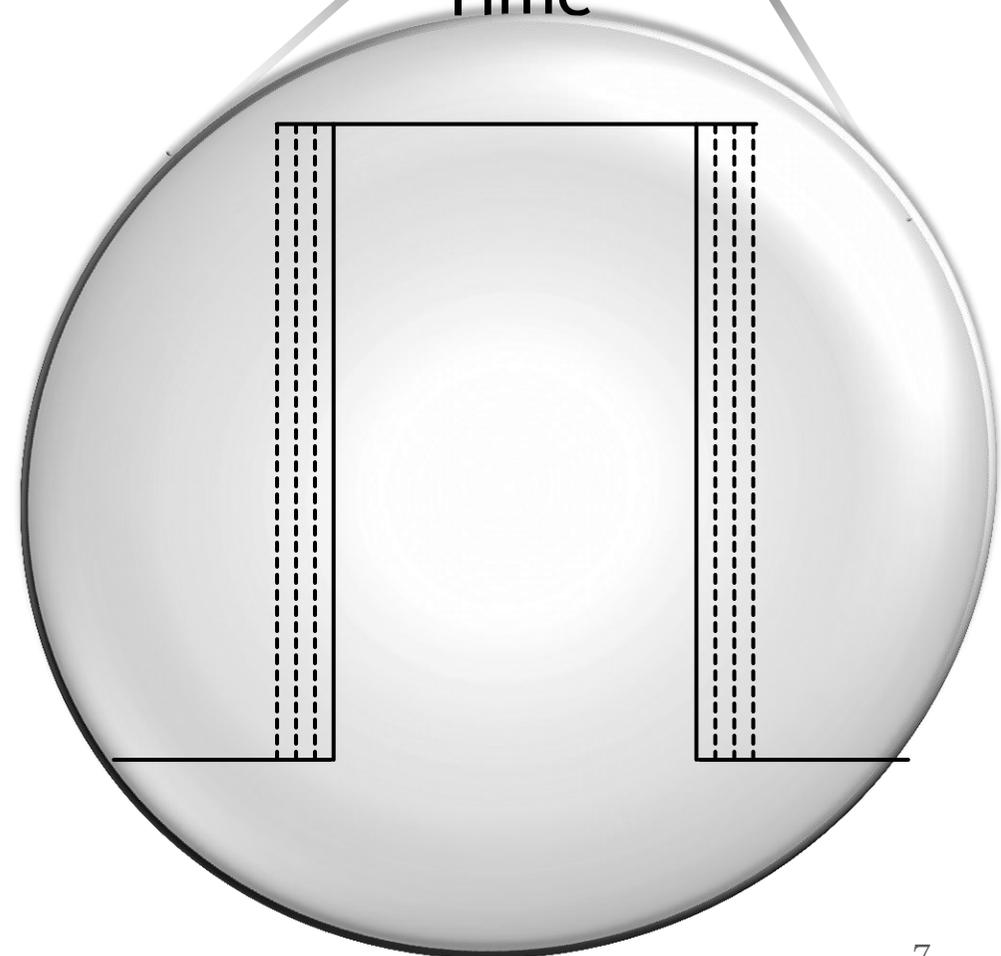


# スペクトル拡散クロック (SSCG)



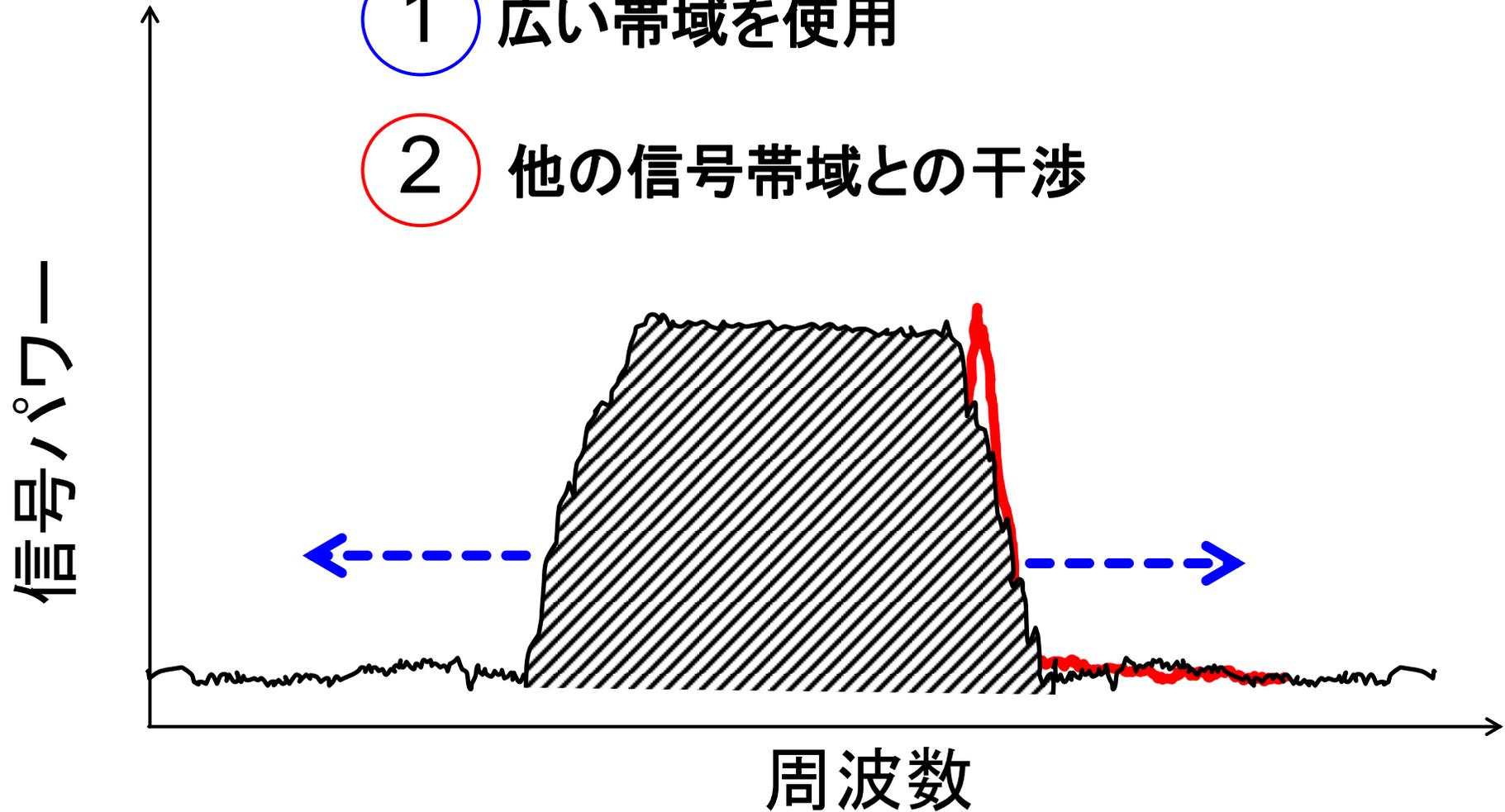
クロックに意図的に  
ジッタを与える

SSCG:  
Spread Spectrum Clock Generator

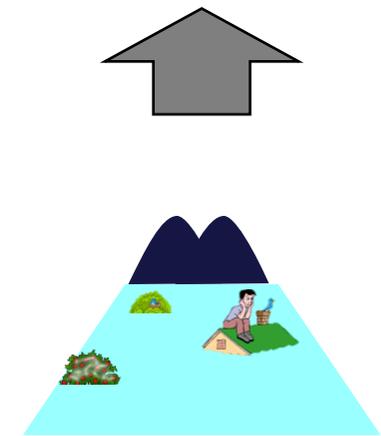
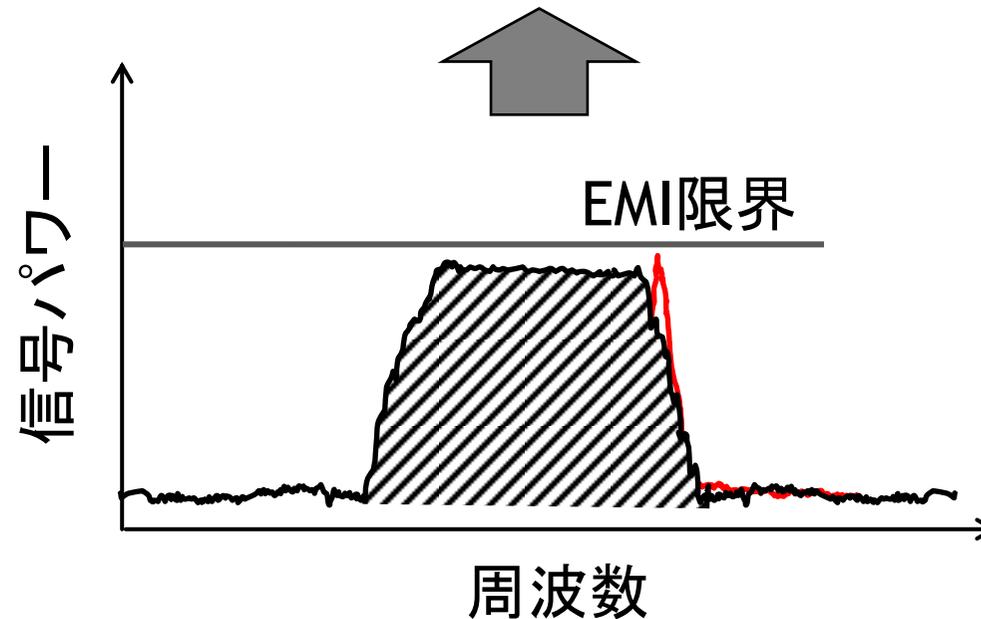
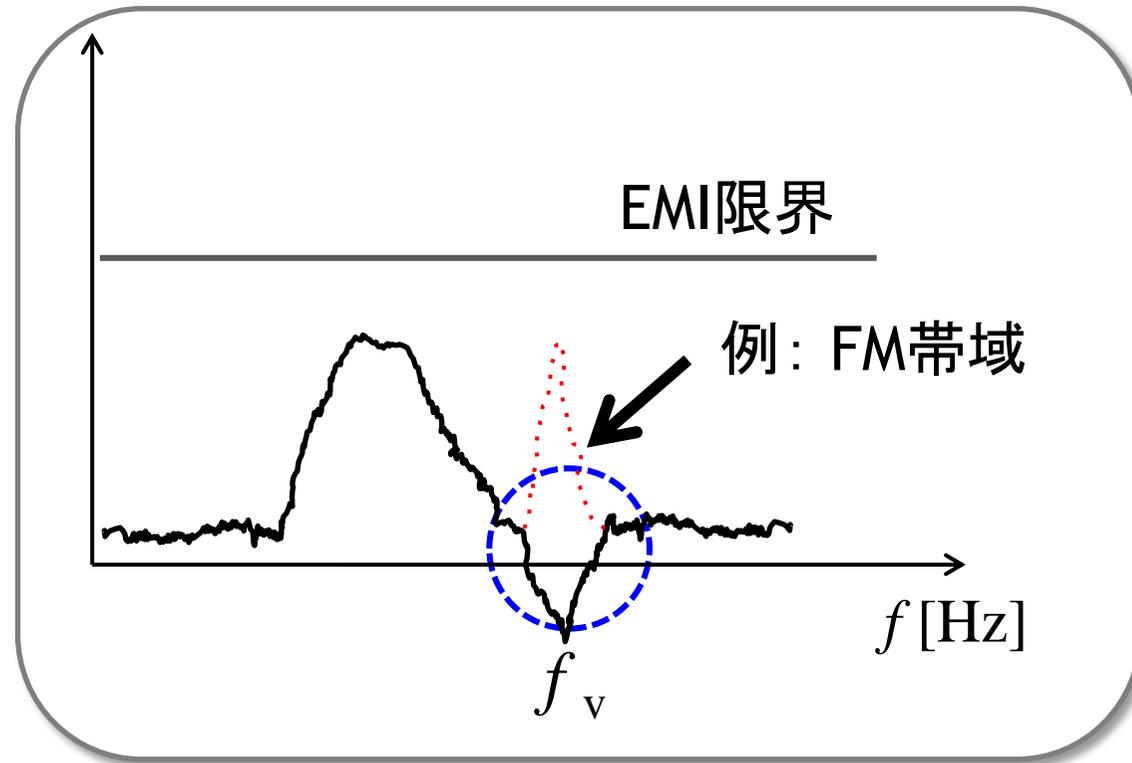


# 従来のSSCGの問題点

- 1 広い帯域を使用
- 2 他の信号帯域との干渉



# 帯域選択ノイズスペクトル拡散



# 新技術の概要

- 高速クロックのEMI (Electro-Magnetic Interference)低減用  
スペクトル拡散クロック発生技術
  - ① 全デジタル回路で実現可能
  - ② ノイズ拡散帯域を制限できる
  - ③ スイッチング電源回路、デジタルプロセッサ等に適用可  
特に、医療機器、オーディオ機器、ラジオに有効
- EMI規格を満たさないと欧州等で販売不可の場合多し
- 電子機器設計後にEMIの問題が顕在化し  
対処に苦慮する事例多し

# 従来技術とその問題点

## 従来のスペクトラム拡散クロック技術

アナログ回路を用いて高速クロックに意図的にジッタを与え周波数拡散を行う。

## 問題点

- ① アナログ回路(PLL等)を多用したクロック生成
  - 設計が難しい。
  - 特性の製造ばらつきが大きい。
- ② ノイズが一様にスペクトル拡散
  - AM, FMラジオ帯域等にもノイズが回り込む。

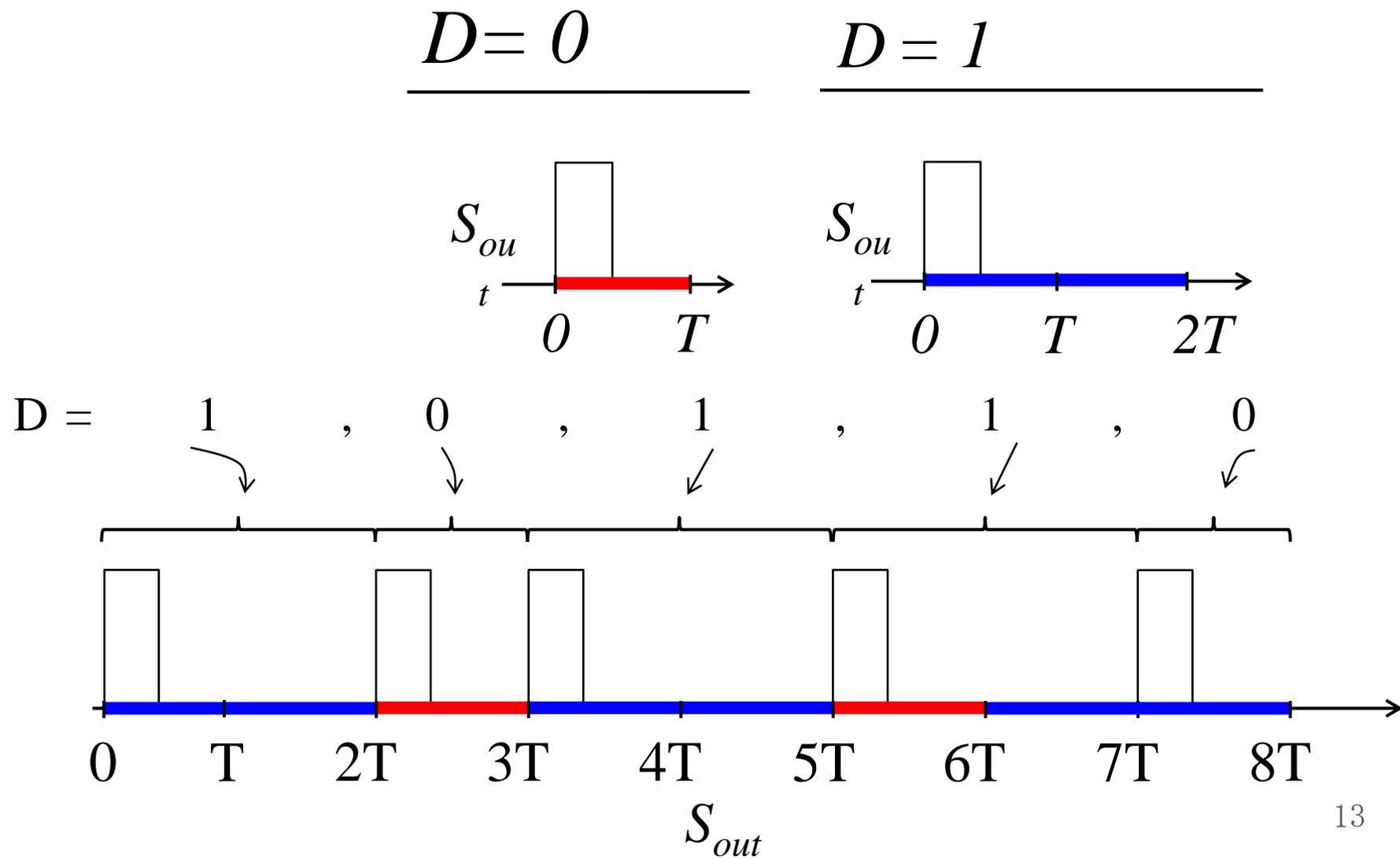
# 新技術の特徴・従来技術との比較

- ノイズをスペクトル拡散させ  
外部へのノイズの影響を抑制する  
フィルターの小型化、デバイスの小型化に寄与する
- 高速クロックに対し、スペクトル拡散クロック発生を
  - ① 全デジタル回路で実現可
  - ② 帯域選択ノイズスペクトル拡散  
 FM, AM ラジオ帯域等へのノイズ拡散をしない

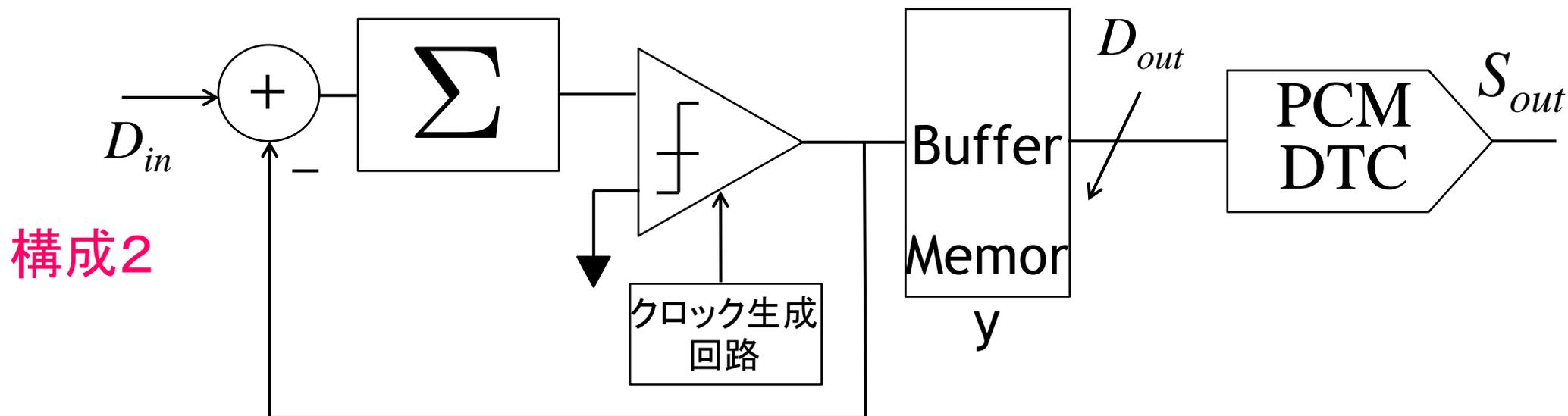
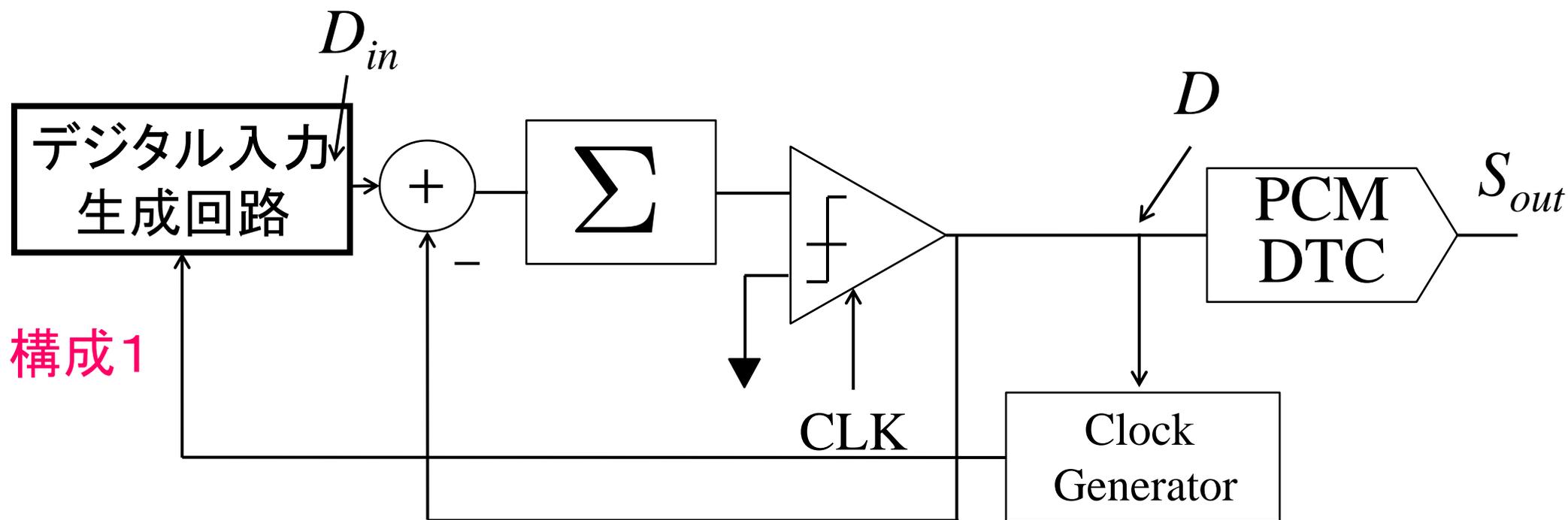
# パルス周期変調

## (Pulse Cycle Modulation: PCM)

デジタル入力  $D = 10110$  のとき



# パルス周期変調 $\Delta\Sigma$ DTC – 実現構成

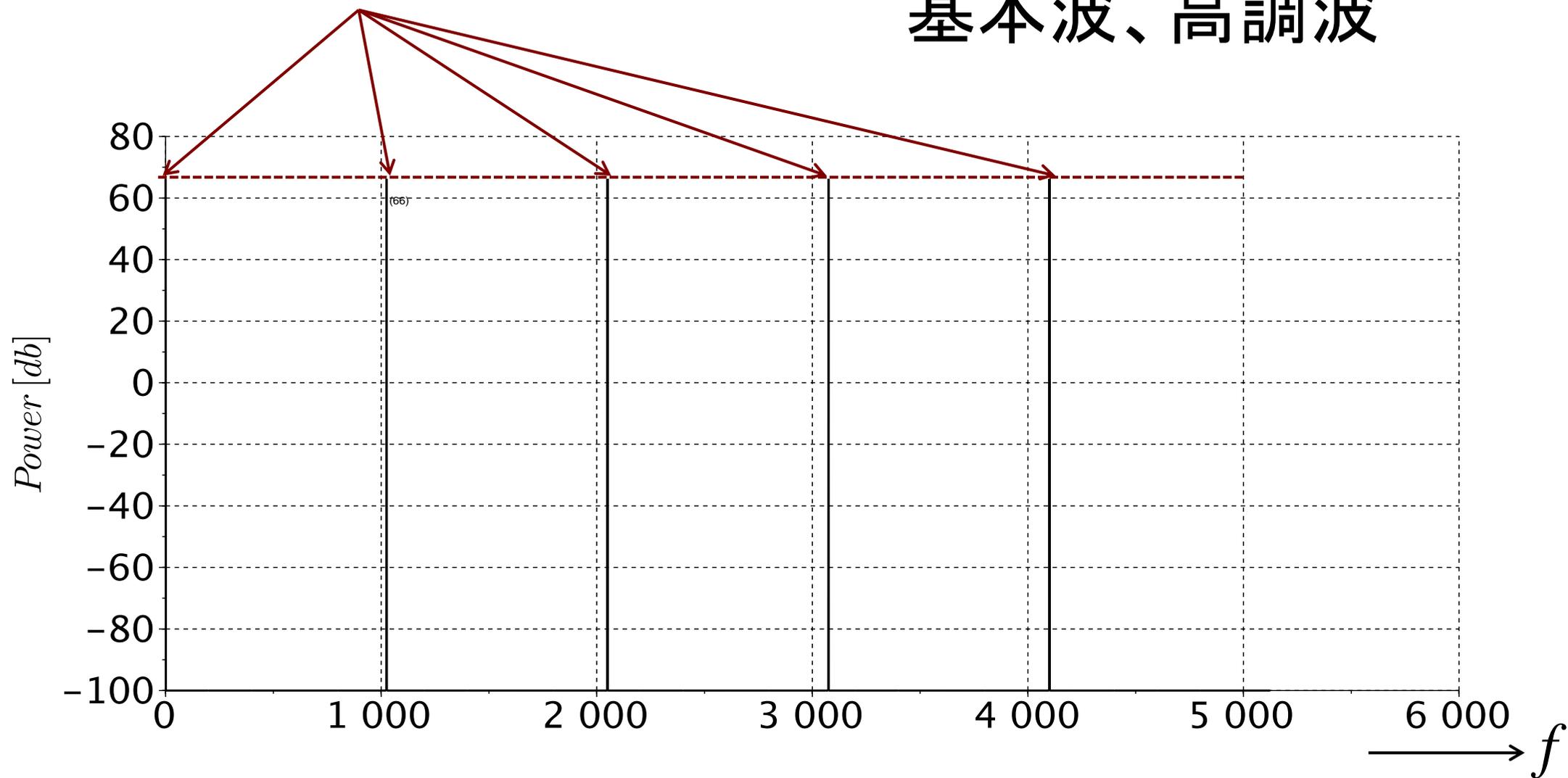


# シミュレーション結果

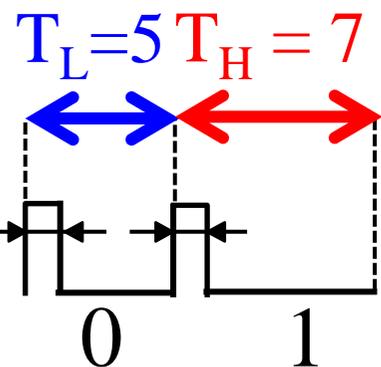
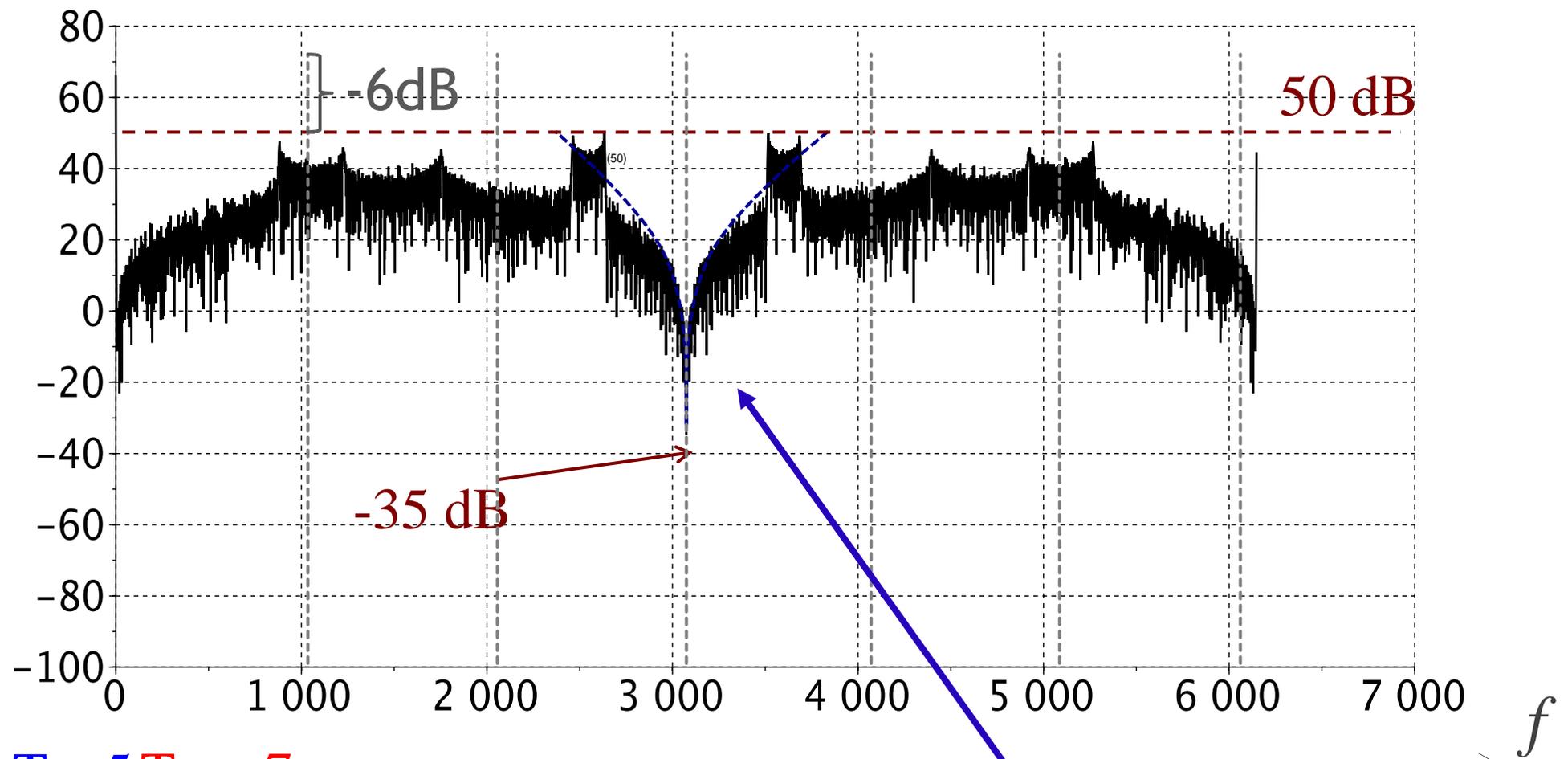
もとのクロックの周波数(変調なし)

# 66 dB

基本波、高調波



# パルス周期変調 $\Delta\Sigma$ DTC シミュレーションと解析



ノイズなしの  
帯域

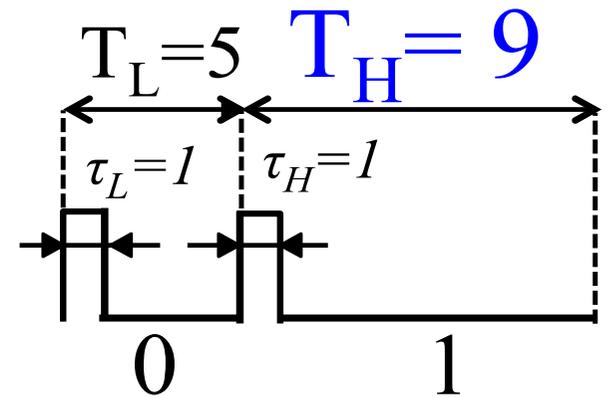
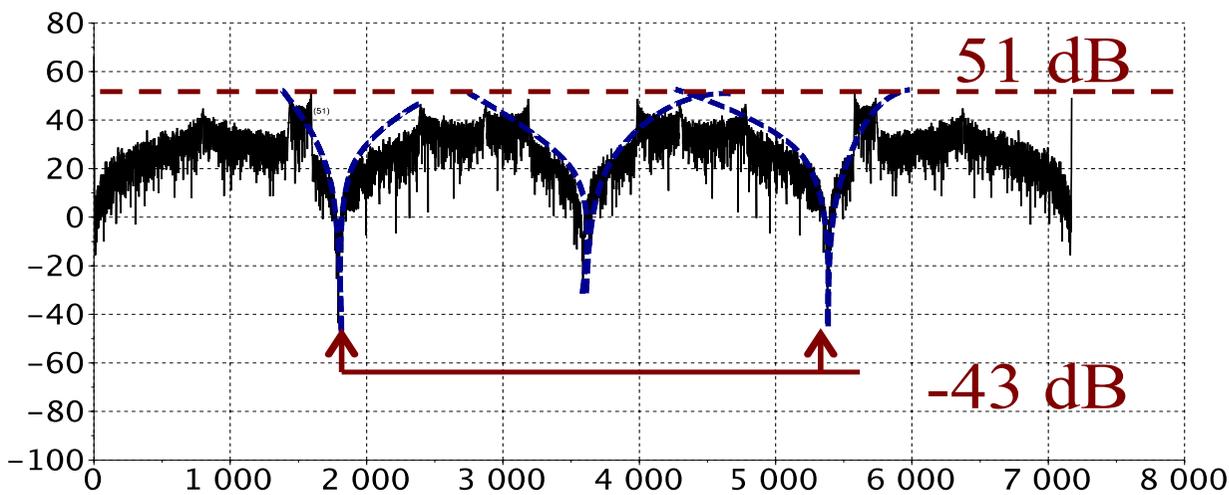
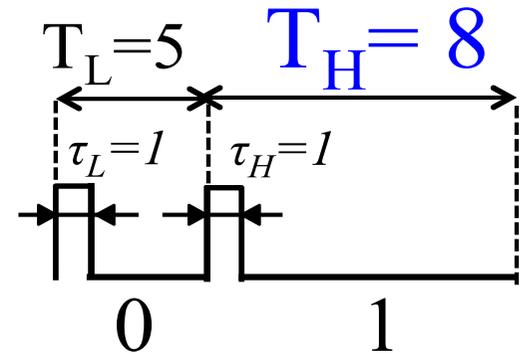
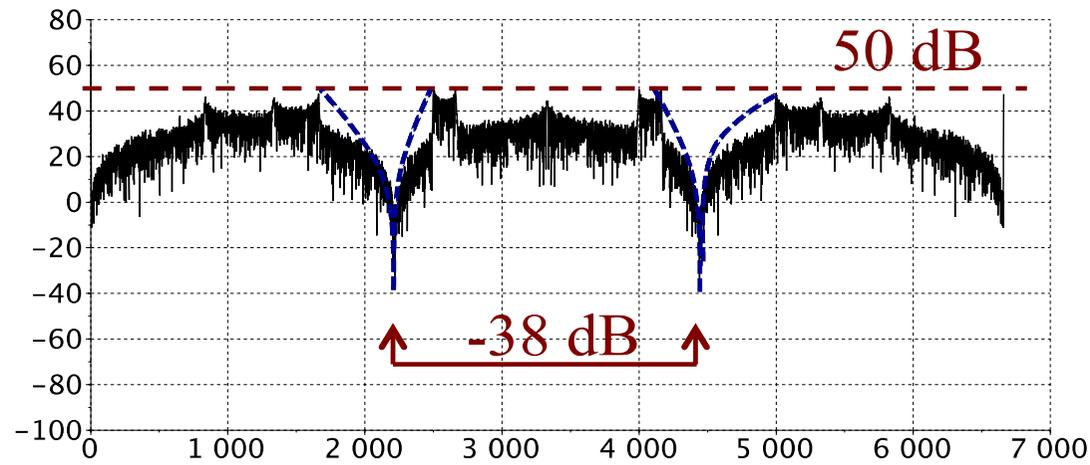
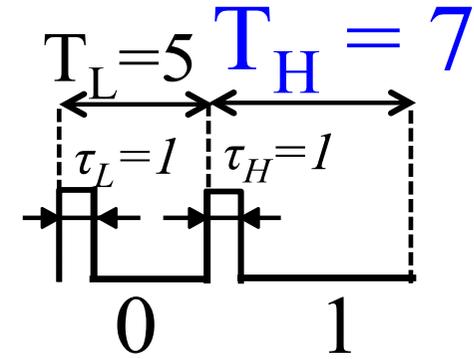
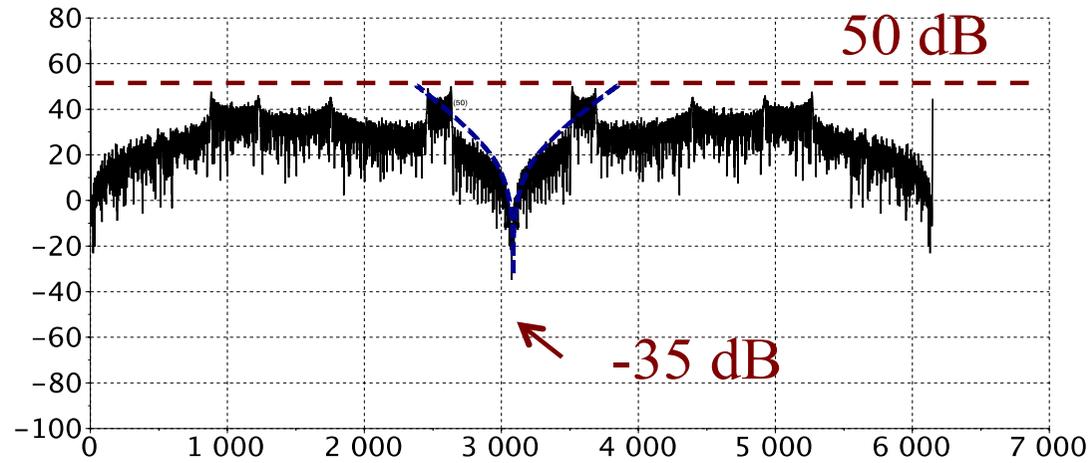
$$f_{notch} = \frac{K \times (n_H + n_L)}{2|n_H - n_L|} f_s$$

$$K = |n_H - n_L| - 1, |n_H - n_L| - 2, \dots, 1.$$

$$n_H, n_L = 1, 2, 3, 4, \dots,$$

$$\text{defined as } n_H = T_H/T_C, n_L = T_L/T_C.$$

# パルス周期変調 $\Delta\Sigma$ DTC・パラメータ変更の効果

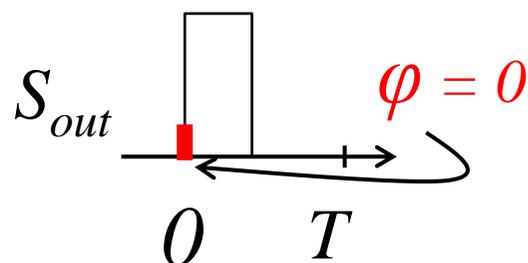


# パルス位置変調

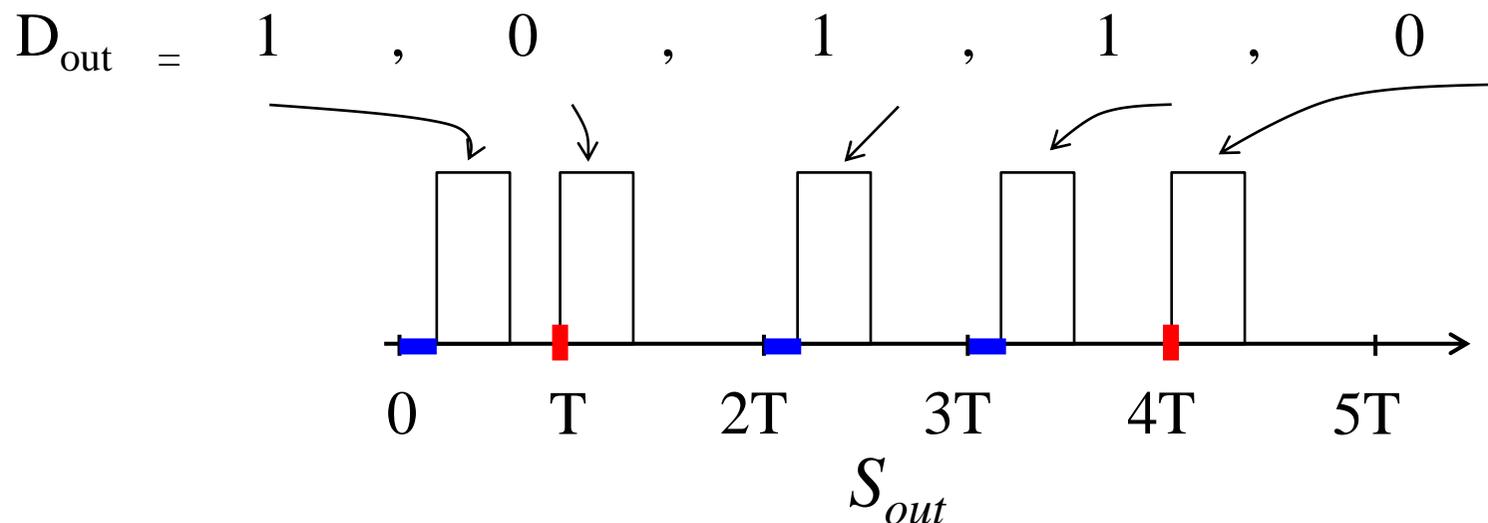
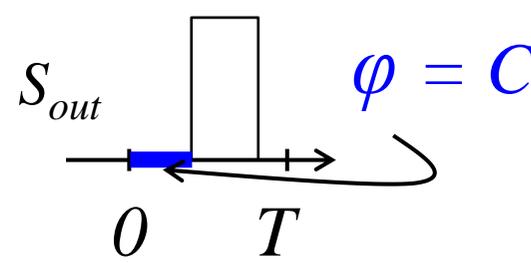
## (Pulse Position Modulation: PPM)

デジタル入力  $D = 10110$  のとき

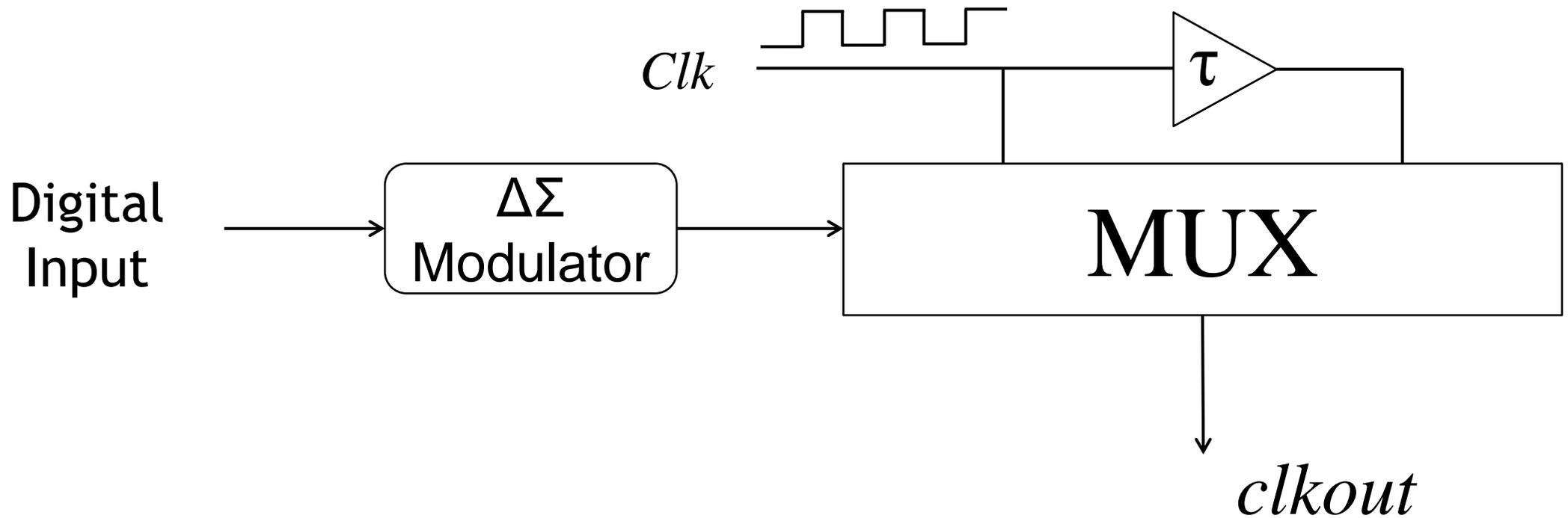
$$D_{out} = 0$$



$$D_{out} = 1$$



# パルス位置変調 $\Delta\Sigma$ DTC – 実現構成



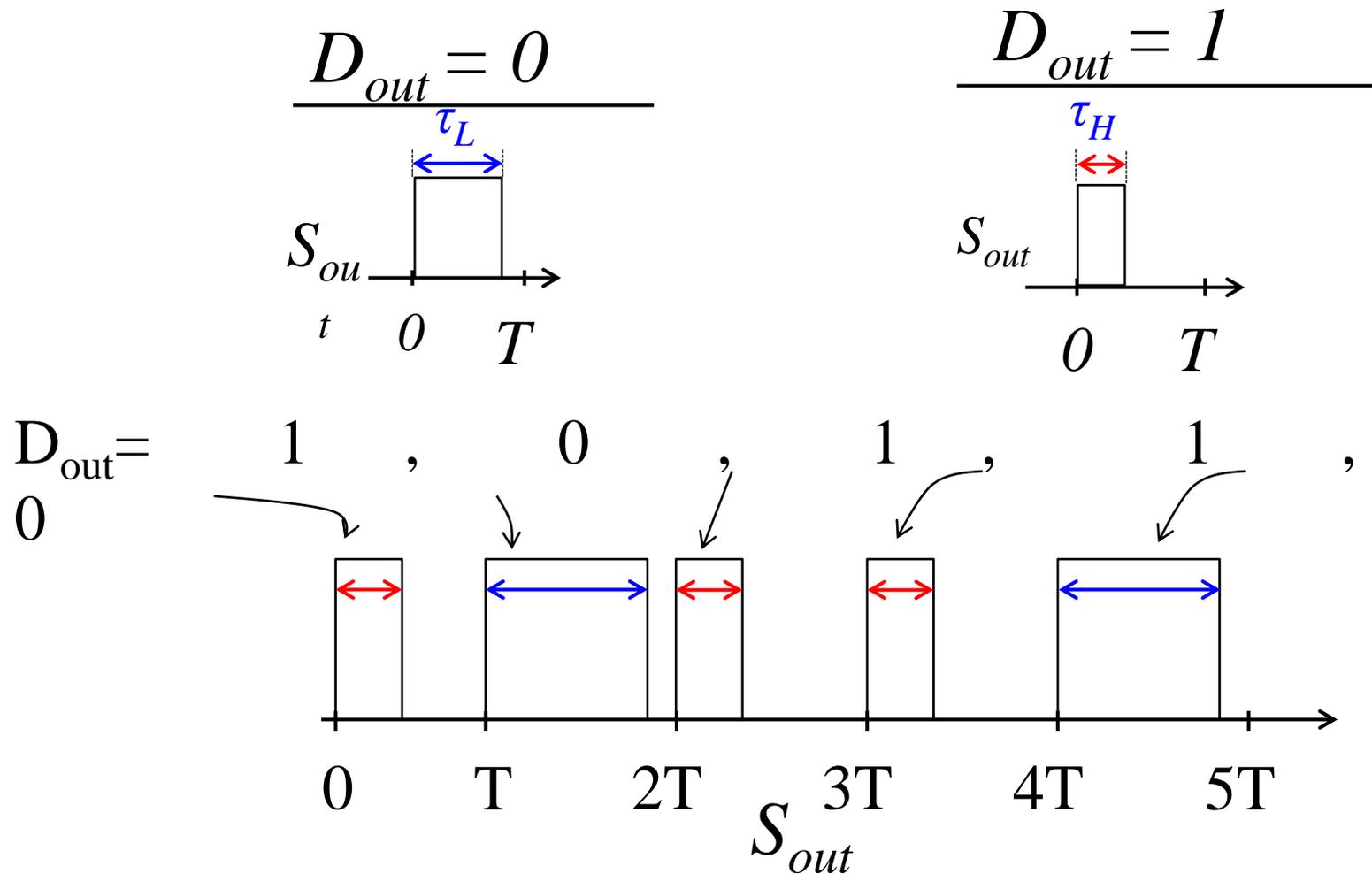
高速度クロックに適用可



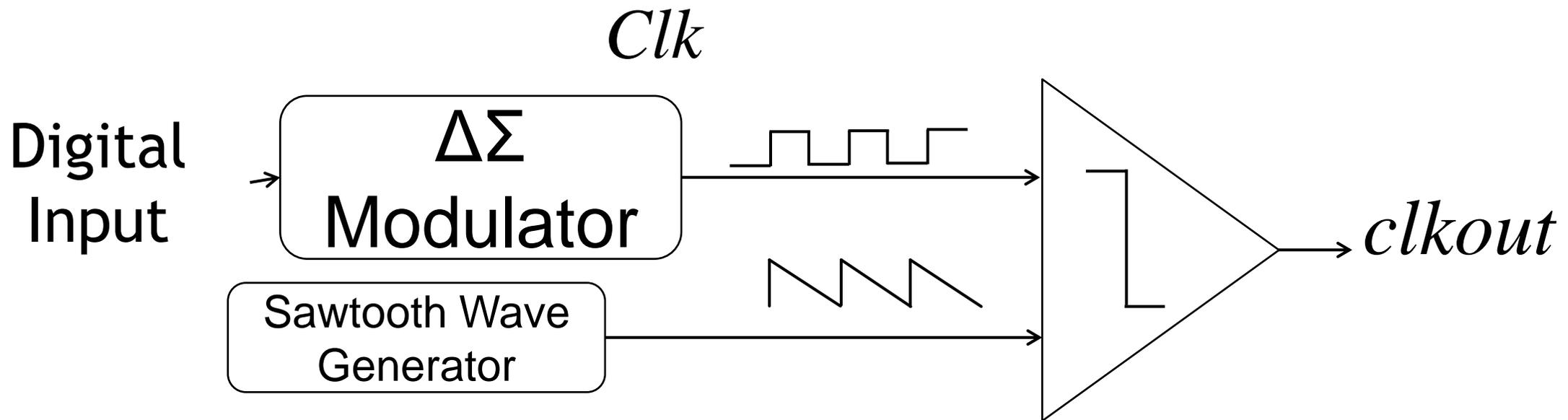
# パルス幅変調

## (Pulse Width Modulation: PWM)

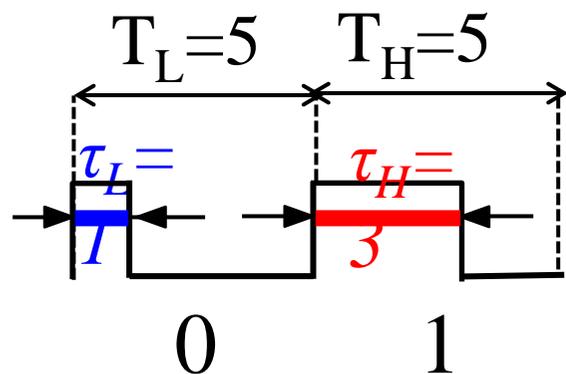
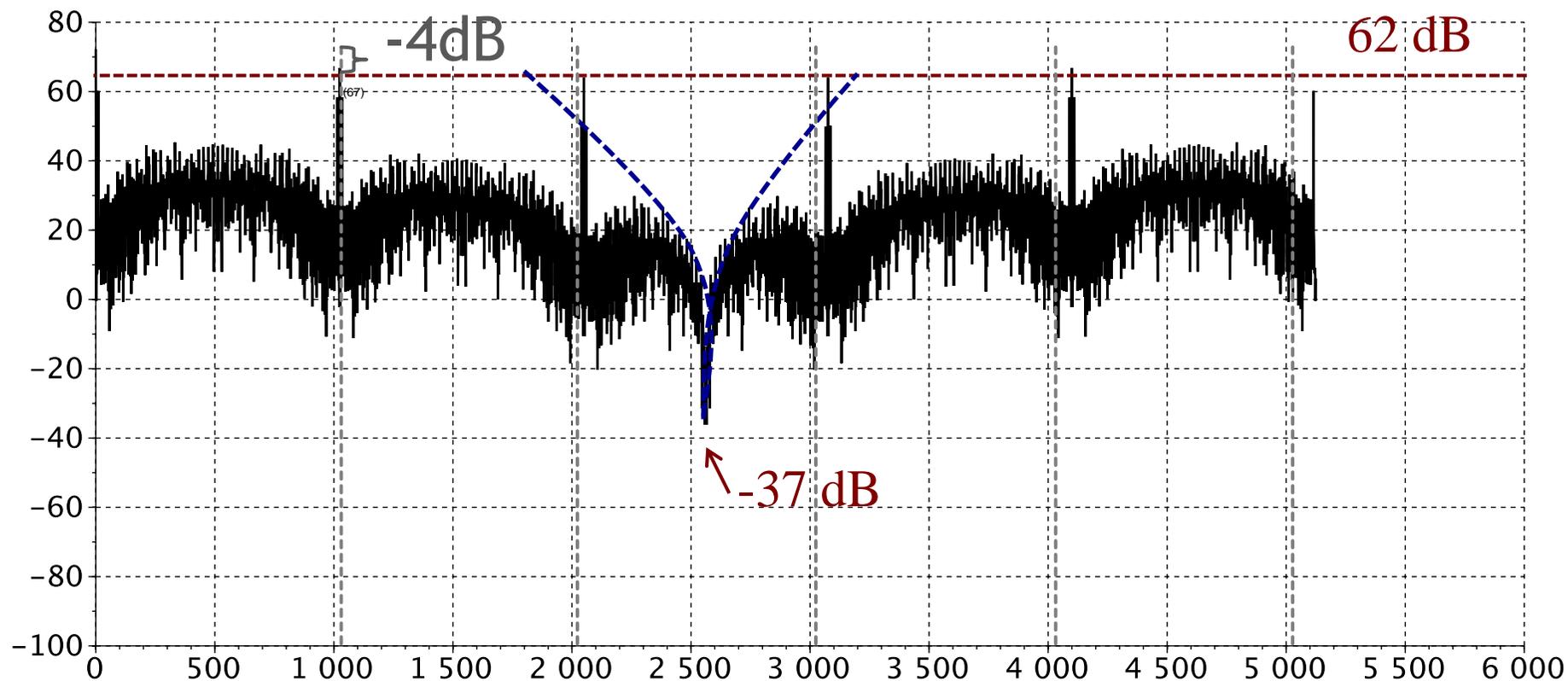
デジタル入力  $D = 10110$  のとき



# PWM $\Delta\Sigma$ DTC –實現構成



# パルス幅変調 $\Delta\Sigma$ DTCシミュレーションと解析



ノイズなしの  
帯域

$$f_{notch} = \frac{K}{|m_H - m_L|} f_s$$

$$K = |m_H - m_L| - 1, |m_H - m_L| - 2, \dots, 1.$$

$$m_H, m_L = 1, 2, 3, 4, \dots,$$

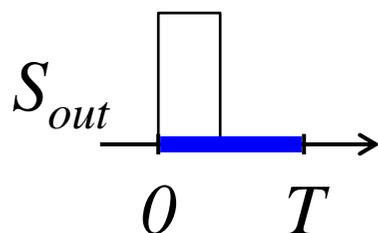
$$\text{defined as } m_H = \frac{\tau_H}{T_C}, \quad m_L = \frac{\tau_L}{T_C}.$$

# 疑似ランダムジッタ変調

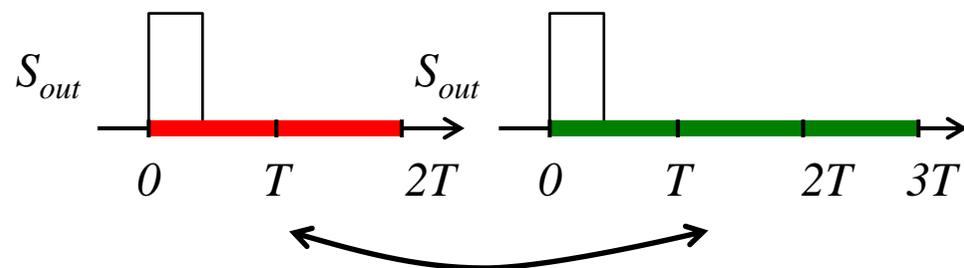
## (Pseudo Random Jitter Modulation: PRJ)

デジタル入力  $D = 10110$  のとき

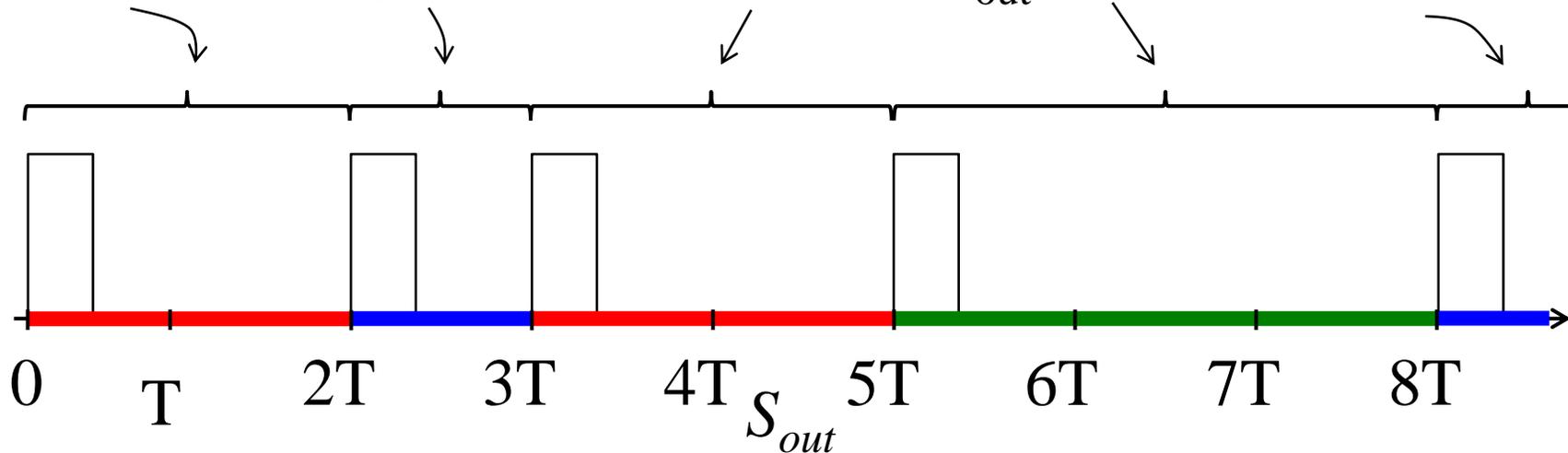
$$\underline{D_{out} = 0}$$



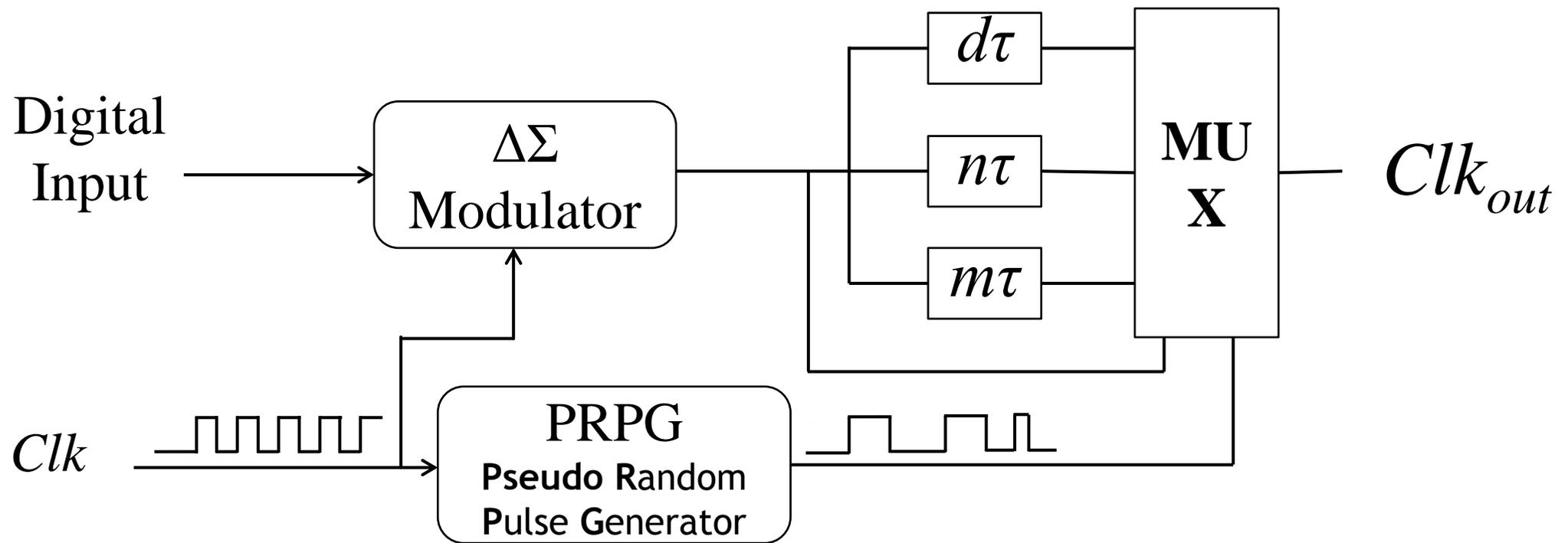
$$\underline{D_{out} = 1}$$



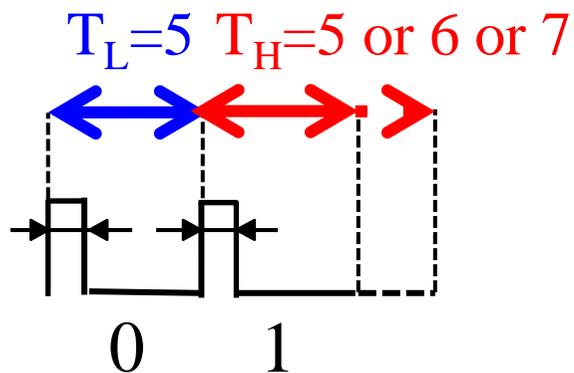
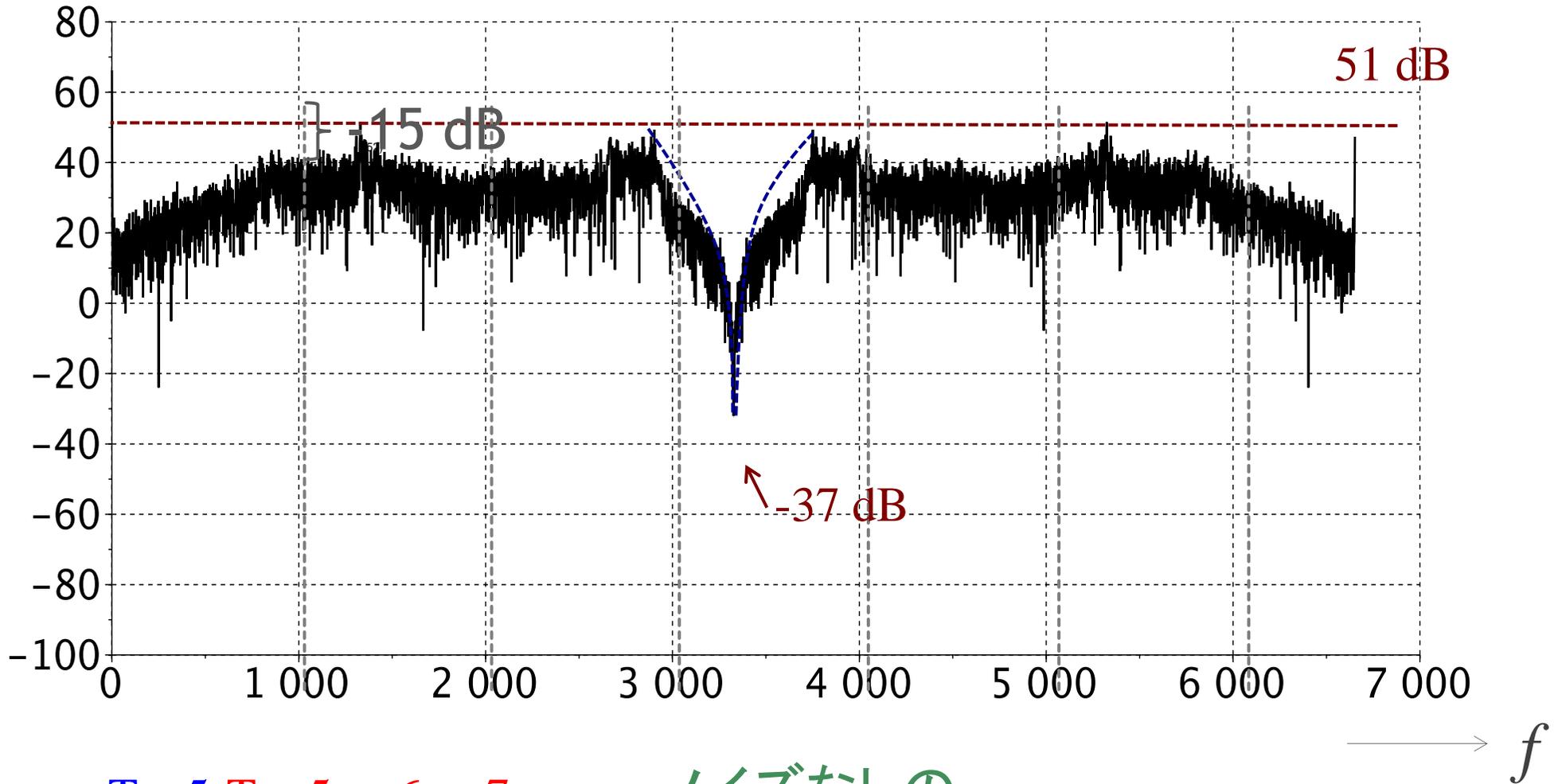
$$D_{out}(0) = 1, \quad D_{out}(1) = 0, \quad D_{out}(2) = 1, \quad D_{out}(3) = 1, \quad D_{out}(4) = 0$$



# 疑似ランダムジッタ $\Delta\Sigma$ DTC – 実現構成



# 疑似ランダム変調 $\Delta\Sigma$ DTTCシミュレーションと解析



ノイズなしの  
帯域

$$f_{notch} \simeq K \left( \frac{4n_L + p + q}{4G} \right) f_s$$

where  $K = G - 1, G - 2, \dots, 1$ .

Here  $G$  is the greatest common divisor between  $p$  and  $q$

and  $p = |n_{H1} - n_L|, q = |n_{H2} - n_L|$ .

# 結論

低コスト

簡単

高精度

+ 完全デジタル実現  
+ 高周波クロック対応可能

周波数拡散クロック発生回路



ノイズが回り込まない帯域を選択可

# 実用化に向けた課題

- アナログFPGAで提案回路を設計・試作中
- 実測による  
ノイズスペクトル拡散帯域選択の確認

# 企業への期待

- 適用可能性のあるアプリケーションのご提示
- そこでのクロック周波数、ノイズ拡散帯域の  
具体的数値情報のご提示
- 共同研究のご検討

# 本技術に関連する知的財産権

[1] 発明者： 森偉文樹, 山田佳央, 光野正志, 小林春夫、杉山寿男

発明名称： スイッチング制御装置

出願番号：特願2008-096079 出願日 : 2008年 4月 2日

【登録日】2013年年7月5日 【登録番号】特許第5305475号

【国際出願番号】 PCT/JP2009/056294

【国際出願日】 2009年3月27日

【国際公開番号】 WO2009/123054 【国際公開日】 2009年10月8日

【米国出願番号】12/936119 【米国出願日】2009年3月27日

【米国公開番号】US2011/0095740 【米国公開日】2011年4月28日

【米国登録番号】US8415938 【米国登録日】2013年4月9日

[2] 発明者： 小林春夫、名野隆夫、大門孝幸、定村宏、進藤崇之

発明名称： スイッチングレギュレータ回路

出願番号： 特願2001—840806号 出願日：2001年11月6日

# 産学連携の経歴

1997年より群馬大学にて  
回路設計、電子計測技術の分野で

半導体理工学研究センター(STARC)  
サンケン電気、ダイアログ・セミコンダクタ  
三洋電機、三洋半導体、旭化成エレクトロニクス、東光  
ルネサステクノロジ、住友電工、シャープ  
東芝マイクロエレクトロニクス、アジレント・テクノロジー  
東京測器研究所、ヤマハ、ニチコン 等  
の各社さんと共同研究を行ってきている。

# お問い合わせ先

群馬大学 研究・産学連携戦略推進機構 群馬大学TLO  
TLO長/特任教授 大澤 隆男

〒376-8515 群馬県桐生市天神町一丁目5-1

TEL 0277-30-1171

FAX 0277-30-1178

e-mail [tosawa@gunma-u.ac.jp](mailto:tosawa@gunma-u.ac.jp)