

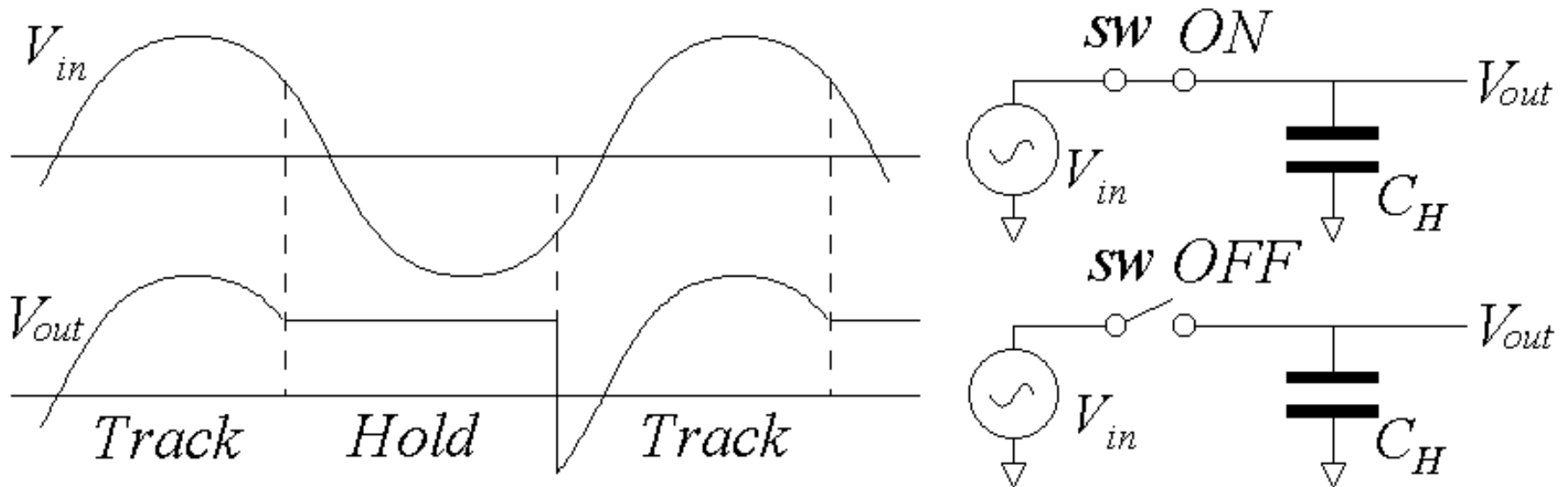
# Dynamic Power Dissipation of Track/Hold Circuit

H.Sato and H.Kobayashi

Electric Engineering Department

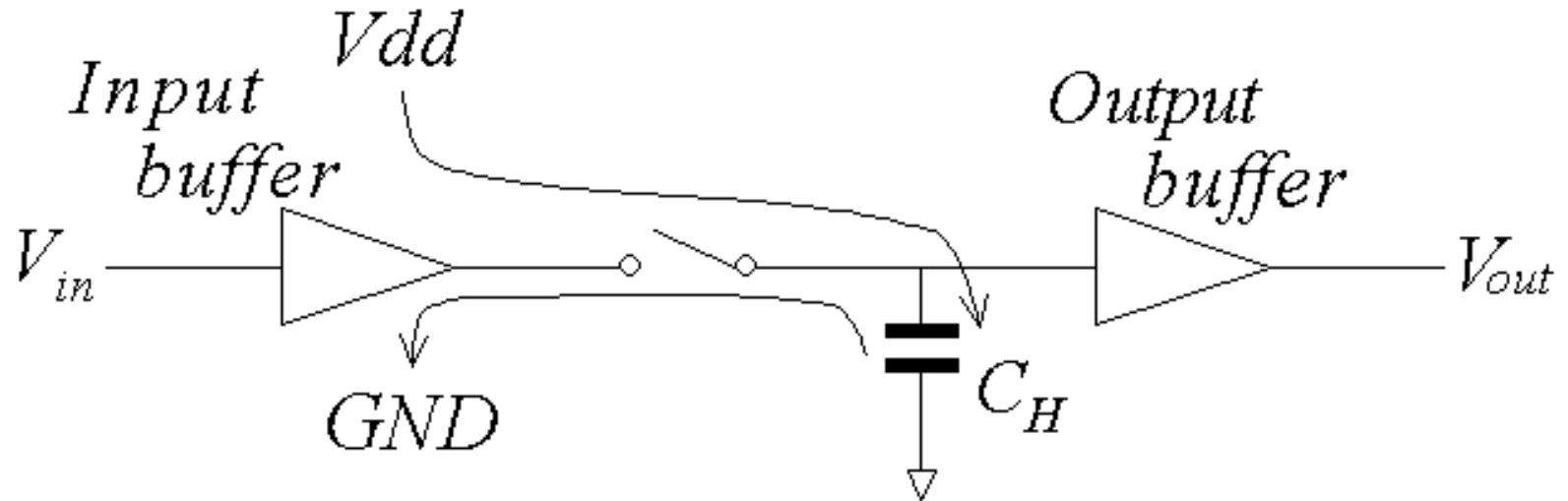
Gunma University

# Track/Hold回路の基本原理



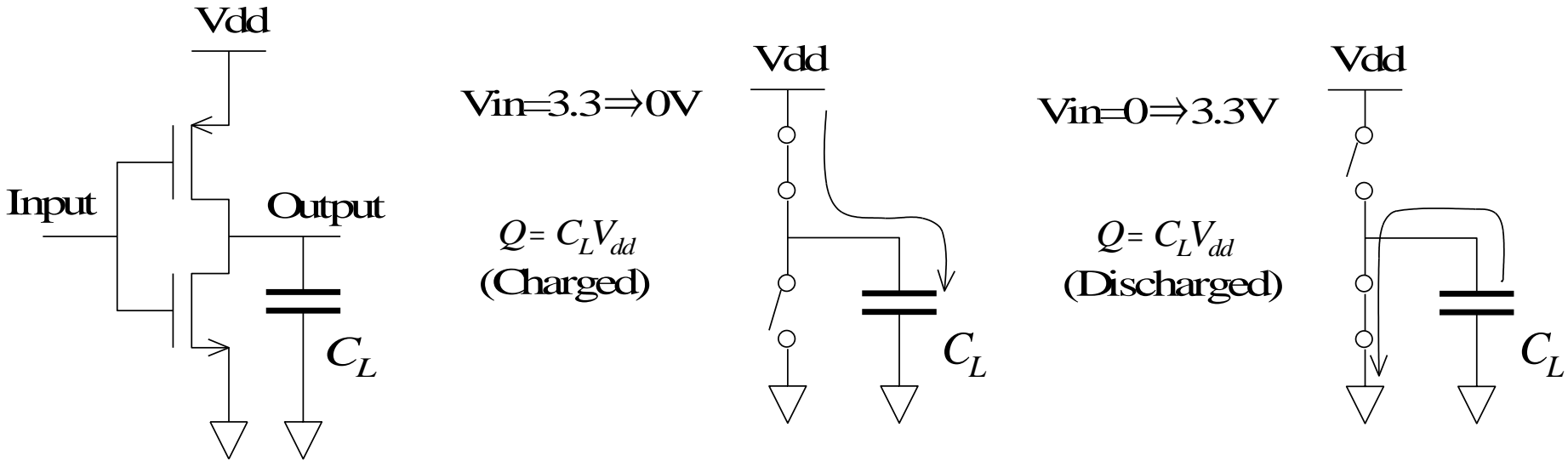
- Track Mode 出力電圧が入力電圧に追従
- Hold Mode スイッチOFF直前の入力電圧を保持

# Track/Hold回路の消費電力



- 入出力バッファの消費電力...通常これのみを考慮
- ホールド容量の動的消費電力...この発表で定式化する

# CMOSインバータの消費電力



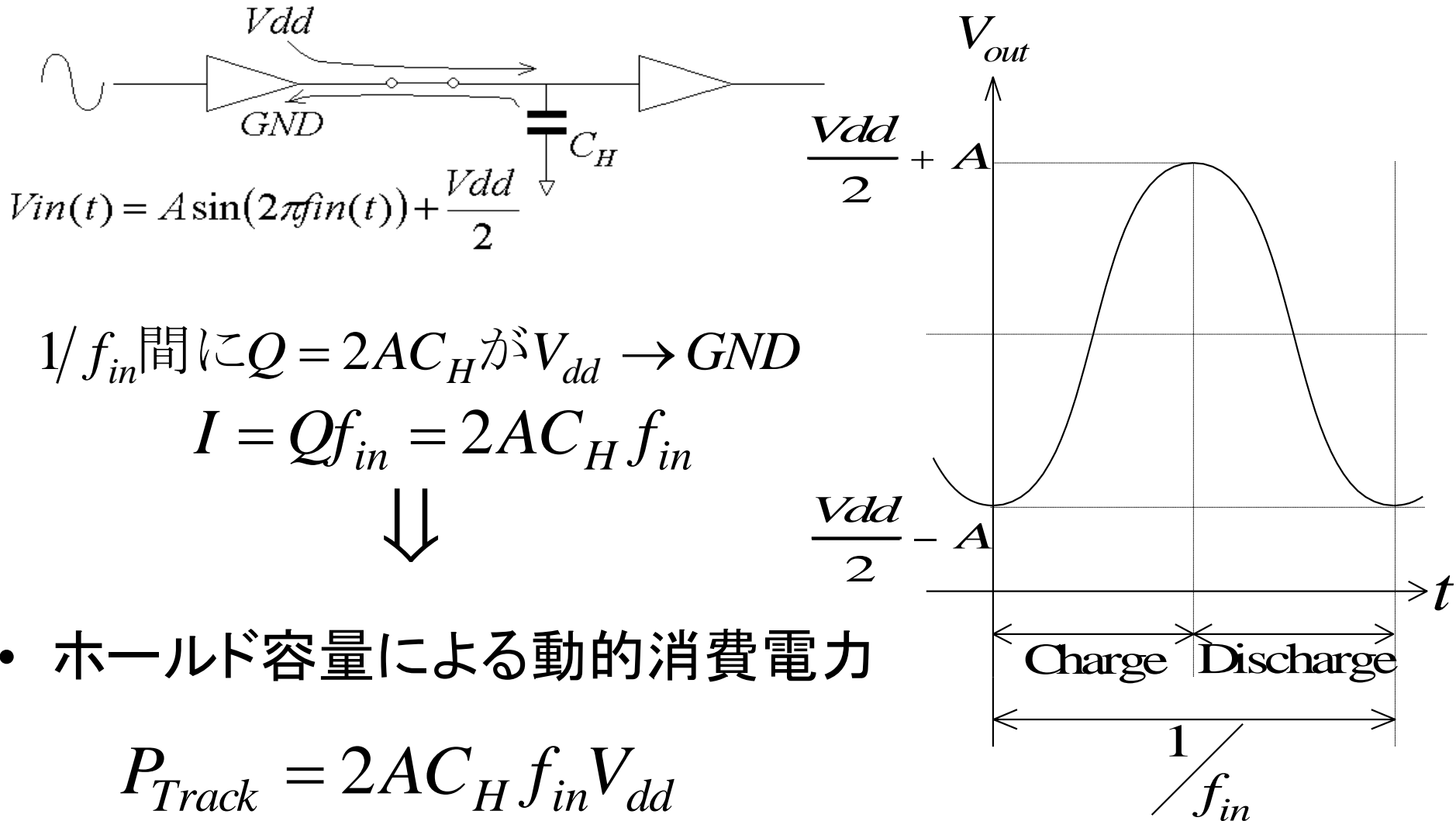
$t_S = 1/f_S$  で  $Q = C_L V_{dd}$  が  $V_{dd} \rightarrow GND$

$$I = \frac{C_L V_{dd}}{t_S} = f_S C_L V_{dd}$$

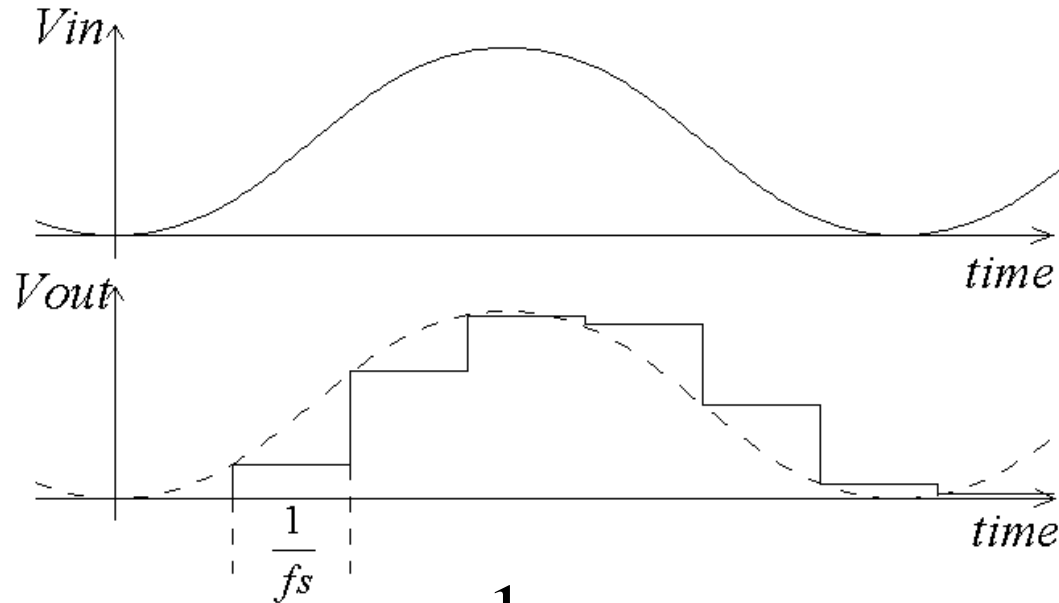


$$P = I V_{dd} = f_S C_L V_{dd}^2$$

# Track Mode時の動的消費電力



# TrackMode時がゼロの時の消費電力(インパルスサンプリング)

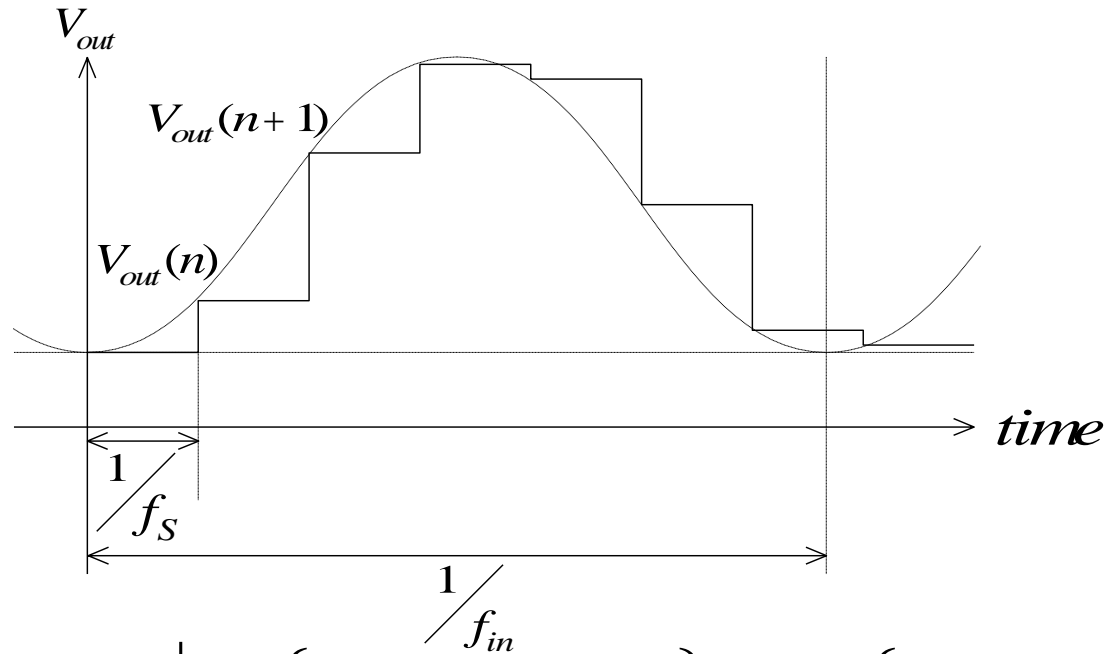


$$P_{Hold} = \frac{1}{2} V_{dd} f_S |\overline{Q}|$$

- 動的消費電力

$$P_{Hold} = 2AC_H f_{in} V_{dd} \left| \text{sinc} \left( \pi \frac{f_{in}}{f_S} \right) \right|$$

# 1/fs間での電荷の移動



$$Q_{n,n+1} = AC_H \left| \sin \left\{ 2\pi \frac{f_{in}}{f_S} (n+1) \right\} - \sin \left\{ 2\pi \frac{f_{in}}{f_S} (n) \right\} \right|$$



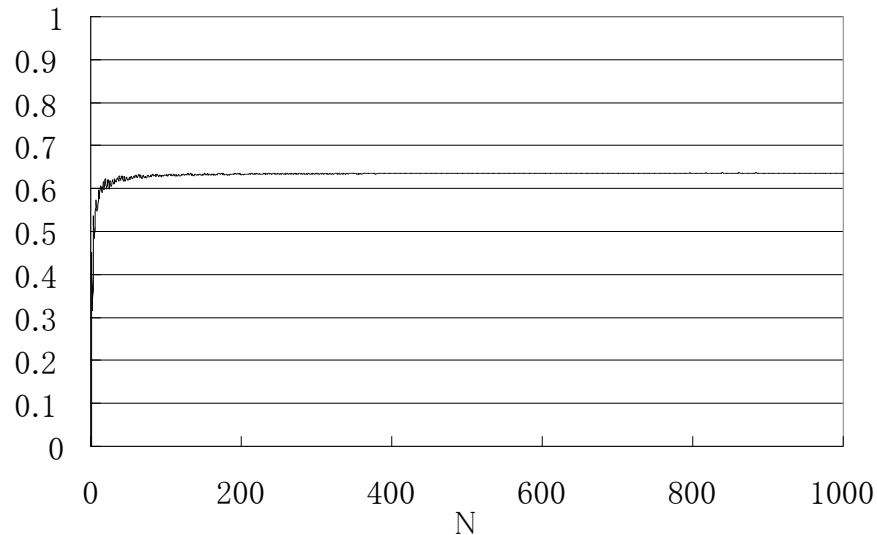
$$2AC_H \sin \left( \pi \frac{f_{in}}{f_S} \right) \left| \cos \left\{ 2\pi \frac{f_{in}}{f_S} \left( n + \frac{1}{2} \right) \right\} \right|$$

# 1/f<sub>in</sub>間での電荷の移動の平均値

$$\overline{|Q|} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |Q_{n,n+1}|$$

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left| \cos \left( 2\pi \frac{f_{in}}{f_S} \left( n + \frac{1}{2} \right) \right) \right| = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |\cos(x)| dx = \frac{2}{\pi} \text{ を代入}$$

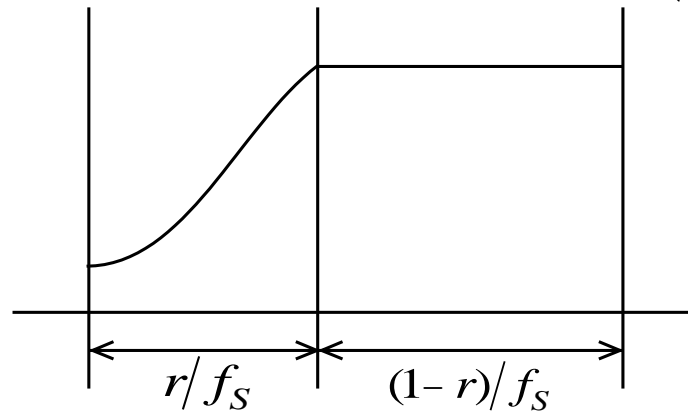
## 上式のシミュレーション結果



$$\overline{|Q|} = \frac{4}{\pi} AC_H \left| \sin \left( \pi \frac{f_{in}}{f_S} \right) \right|$$



# Track/Hold Modeでの消費電力



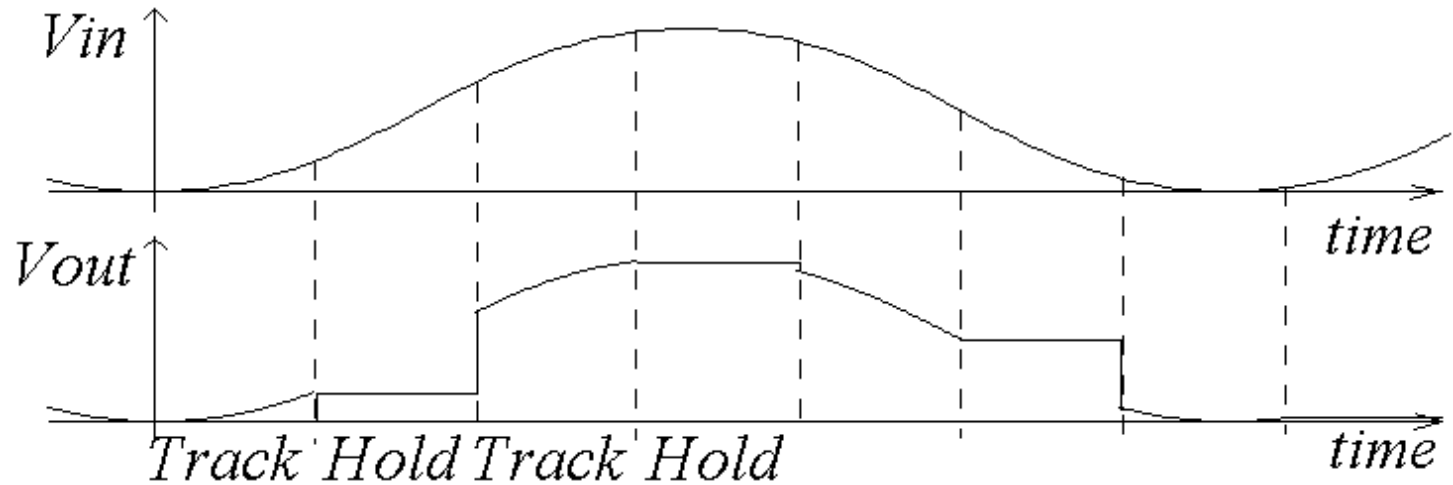
Track Mode : Hold Mode =  $r : 1-r$ とする

$$P_{T/H} = P_{Track(r)} + P_{Hold(1-r)}$$
$$= 2AC_H V_{dd} f_{in} \left( r + (1-r) \left| \operatorname{sinc} \left( (1-r)\pi \frac{f_{in}}{f_s} \right) \right| \right)$$

- Track Modeの動的消費電力

$$P_{Track(r)} = rP_{Track}$$

# Track/Hold Modeでの動的消費電力

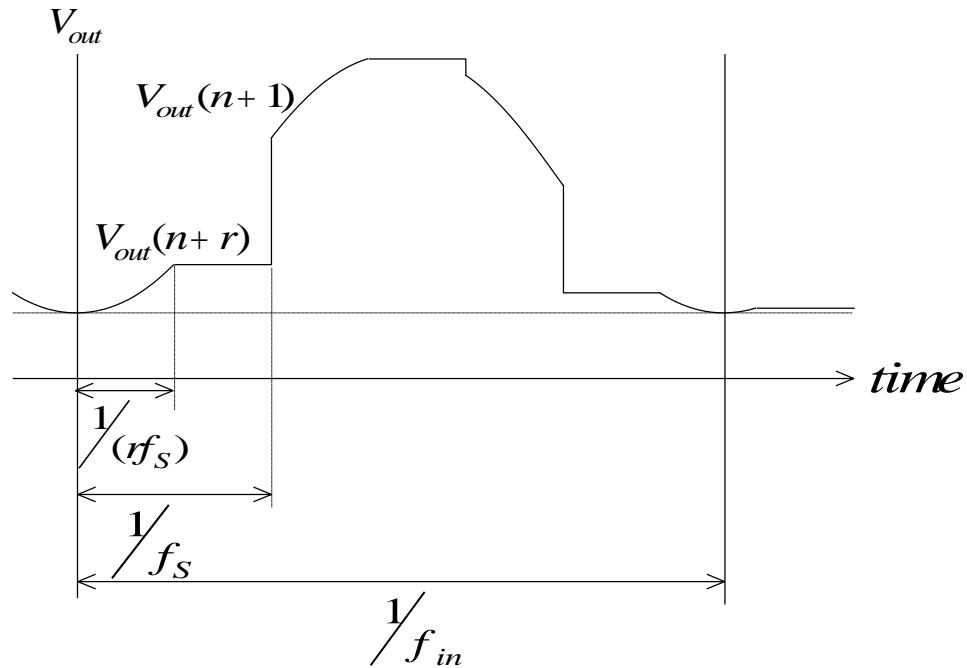


- Hold Modeの動的消費電力

$$P_{Hold} = \frac{1}{2} V_{dd} f_S \overline{Q_r}$$

$$P_{Hold(1-r)} = 2(1-r)AC_H f_{in} V_{dd} \left| \text{sinc} \left( (1-r)\pi \frac{f_{in}}{f_S} \right) \right|$$

# $|Q_r|$ の導出



- $1/f_s$ 間での電荷の移動

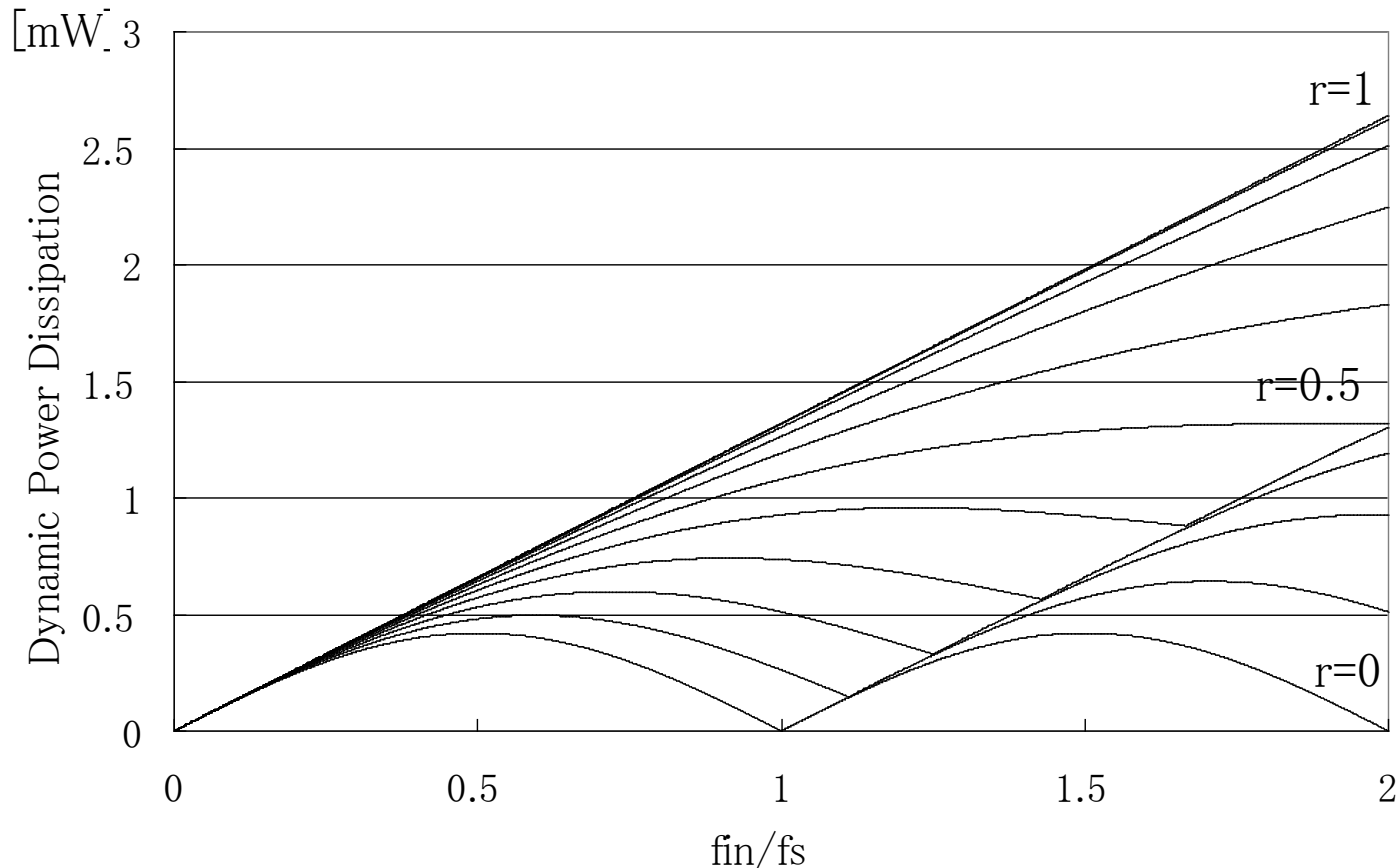
$$Q_{n+r,n+1} = 2AC_H \sin \left( (1-r)\pi \frac{f_{in}}{f_s} \right) \left| \cos \left\{ 2\pi \frac{f_{in}}{f_s} \left( n + \frac{1+r}{2} \right) \right\} \right|$$

- $1/f_{in}$ 間での電荷の移動の平均値

$$\overline{|Q_r|} = \frac{4}{\pi} AC_H \left| \sin \left( (1-r)\pi \frac{f_{in}}{f_s} \right) \right|$$

# 動的消費電力の数値計算

$$P_{T/H} = 2AC_H V_{dd} f_{in} \left( r + (1-r) \left| \operatorname{sinc} \left( (1-r)\pi \frac{f_{in}}{f_S} \right) \right| \right)$$



$$A = 1V, C_H = 2pF, V_{dd} = 3.3V, f_S = 100MHz, f_{in} = 0 \sim 200MHz$$

# まとめ

- Track/Hold回路のホールド容量による動的消費電力の公式を導いた。
- 次の国際学会に採択された。

H.Sato and H.Kobayashi “Dynamic Power Dissipation of T/H Circuit”  
IEEE Instrumentation & Measurement Technology Conference,  
Baltimore.(May 2000)