

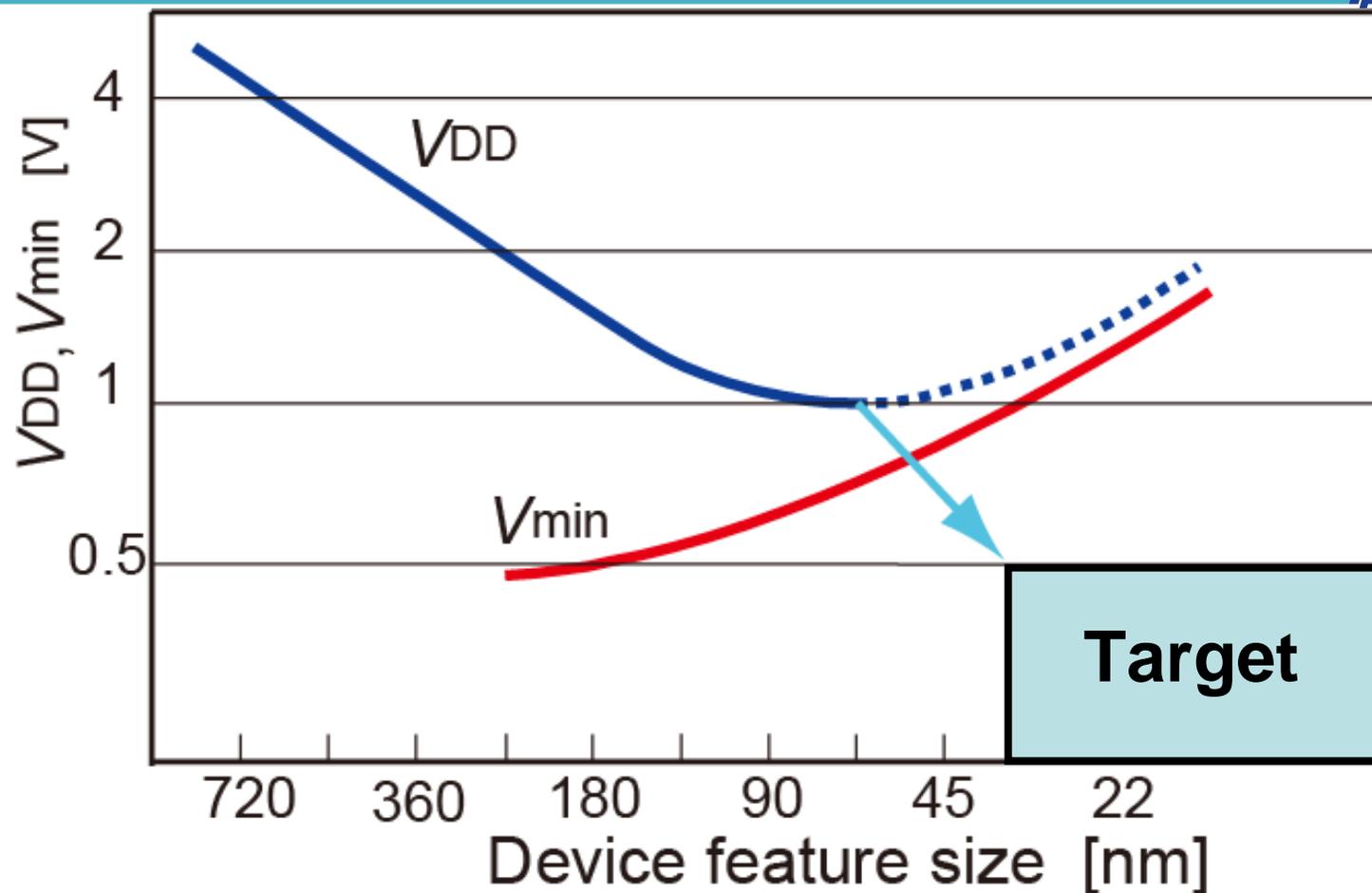
0.5V駆動LSIの実現に向けた LC型発振器によるクロック発生の検討

佐藤 高洋^{*}, 原 翔一^{**}, 岡田 健一^{**},
松澤 昭^{**}

^{*}東京工業大学工学部電気電子工学科

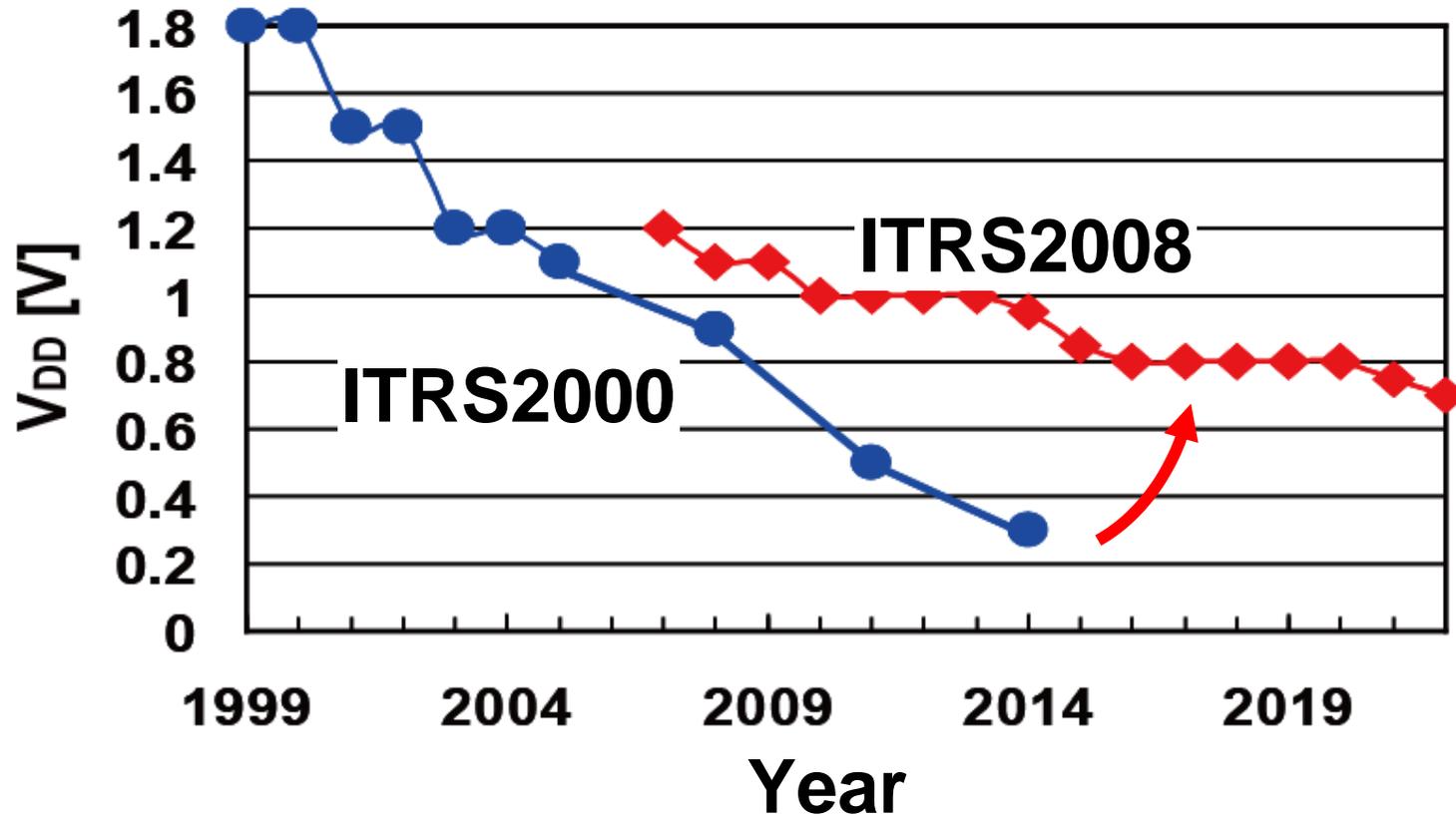
^{**}東京工業大学大学院理工学研究科

- 背景
- 発振器のLC型とリング型の説明・比較
- ジッタにおける両者の比較
- まとめ



$$V_{\min} = V_{t0} + (1 + \gamma) \Delta V_{t\max} \quad [1]$$

[1] K.Itoh, ISSCC 2009



2011年
で0.5V

低電力化が再び必要となってきた。
低電圧回路が主流になっている。

リング型

$$f_{0Ring} = \frac{\mu}{2L^2M} \frac{(V_{DD} - V_t)^2}{V_{DD}}$$

- 周波数は容量と電流で決まる
- 小面積
- 低消費電力

LC型

$$f_{0LC} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

- 周波数は共振周波数で決まる
- 低位相雑音

LC型 [2]

$$L_{LC} = \frac{\omega_0^2}{\omega_{\text{offset}}^2} \cdot \frac{kT}{V_{DD} I_{\text{bias}}} \cdot \frac{1 + \gamma_n}{Q^2}$$

k: ボルツマン係数

T: 絶対温度

ω_0 : 発振角周波数

ω_{offset} : オフセット角周波数

V_{DD} : 電源電圧

V_{TH} : しきい値電圧

M: リング段数

Q: 共振器のQ値

I_{bias} : バイアス電流

γ_n, γ_p : ノイズ係数

$$\left(\gamma_n = \gamma_p = \frac{2}{3} \right)$$

リング型 [3]

$$L_{\text{Ring}} = \frac{\omega_0^2}{\omega_{\text{offset}}^2} \cdot \frac{kT}{V_{DD} I_{\text{bias}}} \cdot 2M \left\{ \frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_{TH}} (\gamma_n + \gamma_p) + 1 \right\}$$

[2] A.Mazzanti, et al., JSSC 2008

[3] A.Abidi, JSSC 2006

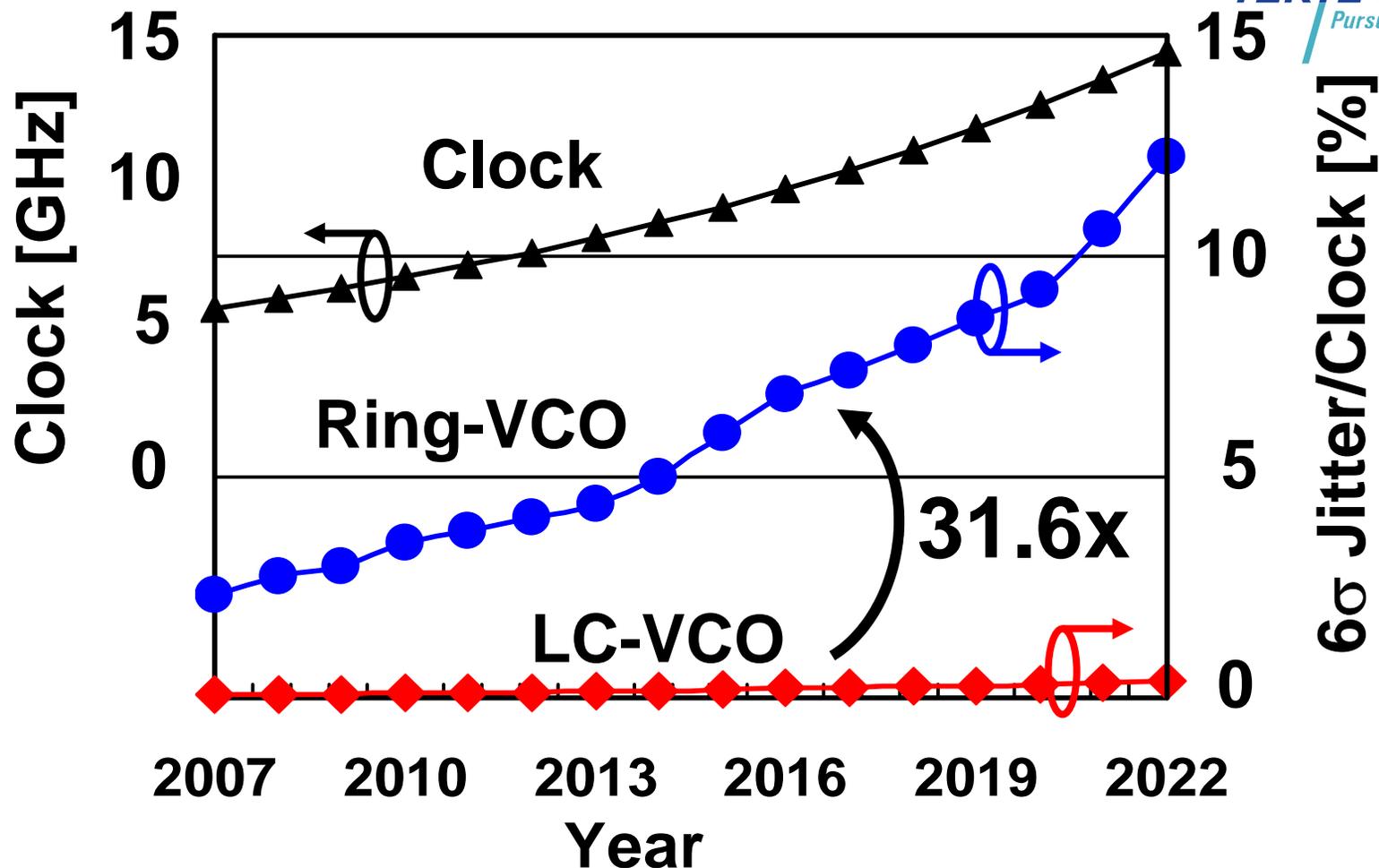
$$\frac{L_{\text{Ring}}}{L_{\text{LC}}} = \frac{2MQ^2 \left\{ \frac{V_{\text{DD}}}{V_{\text{DD}} - V_{\text{TH}}} (\gamma_n + \gamma_p) + 1 \right\}}{1 + \gamma_n}$$

$$= \mathbf{30\text{dB}} \quad \left(V_{\text{TH}} = \frac{V_{\text{DD}}}{4}, M=3, Q=10 \right)$$

クロックジッタ換算で31.6倍

リング型より極めてLC型はノイズが少ない

ジッタのスケーリング



- 同消費電力下ではLC型の方がはるかにジッタの占める割合は低い

リングオシレータのジッタ劣化

V _{DD}	型	P _{dc}	位相雑音 +10dB margin	ジッタ
1.2V	LC	1mW	-121.6 dBc/Hz-1MHz	0.16ps (0.074%)
	リング	1mW	-91.6 dBc/Hz-1MHz	5.0ps (2.3%)
0.5V	LC	0.17mW	-114.0 dBc/Hz-1MHz	0.38ps (0.67%)
	リング	0.17mW	-84.0 dBc/Hz-1MHz	12.0ps (21%)
		174mW	-114.0 dBc/Hz-1MHz	0.38ps (0.67%)

- ・単純に消費電力だけを比較すると、高い周波数ほど LC型が低消費電力
- ・ジッタ性能が厳しい場合は、LC型が有利な周波数帯はどんどん低くまで広がる

リング型が有利な場合

- ・ジッタ仕様が緩く、周波数が100MHz程度以下の場合

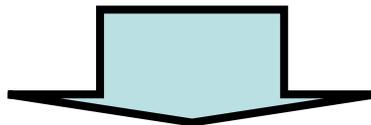
LC型が有利な場合

- ・ **高速処理、低電源電圧の場合**

比較項目

ジッタ、消費電力、周波数可変範囲、回路面積、最高発振周波数

- 高速化に低電源電圧化が必要。
- ジッタは電圧振幅に依存する。



- リング型発振器は低電源電圧化によりジッタ特性や消費電力の増大が問題となる。
- クロックジェネレータを低電源電圧で稼働させるには、LC型発振器が適している。

- 0.5V駆動LSIの実現に向けて、クロックジェネレータの問題を明らかにした。
- LC型発振器を用いることで高速、低消費電力、低ジッタなクロックジェネレータを実現できることを示した。