

2005年度秋期実用マイクロ波講座

無線機設計におけるRF技術のすべて

2005年 9月～12月

松下電器産業(株) 上野 伴希(工学博士)

## 研修アジェンダ

1. システム設計概要
2. 低雑音アンプ(LNA)その1
3. 低雑音アンプ(LNA)その2
4. ミクサ
5. ローカル発振器
6. 変復調その1
7. 変復調その2
8. パワーアンプ(PA)
9. その他の回路
10. **ダイレクトコンバージョンRX / TX**

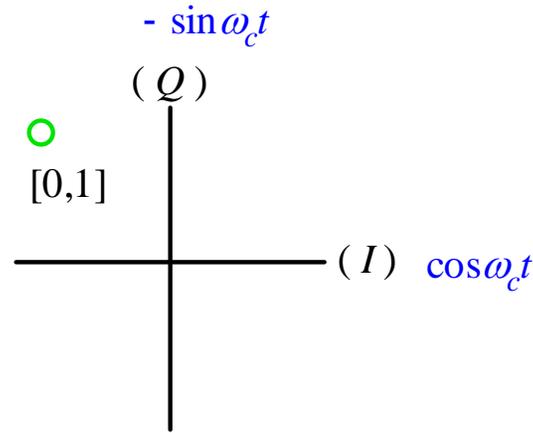
## 10. ダイレクトコンバージョンRX / TX

2005年 12月15日(木)

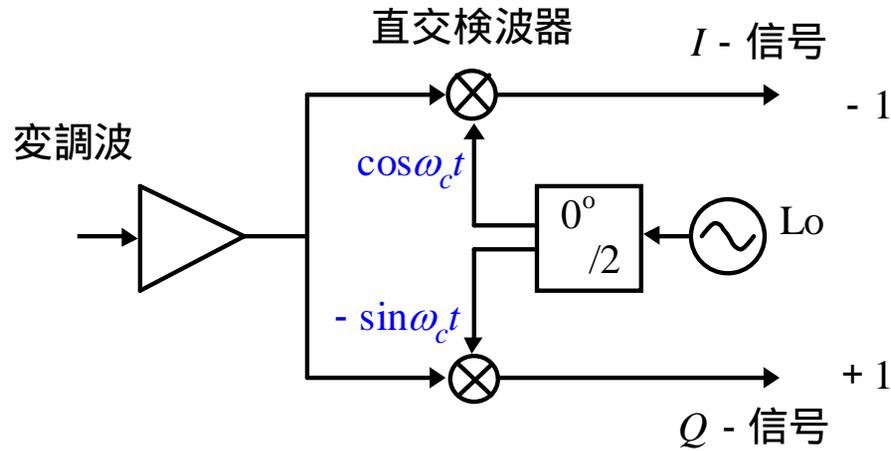
1. DCRの構成
2. NFを決めるシナリオ
3. 選択度を決めるシナリオ
4. 二乗検波歪み
5. 雑音特性
6. DCRベースバンド回路
7. 方式性能比較

# Review - 直交復調回路

## QPSK復調



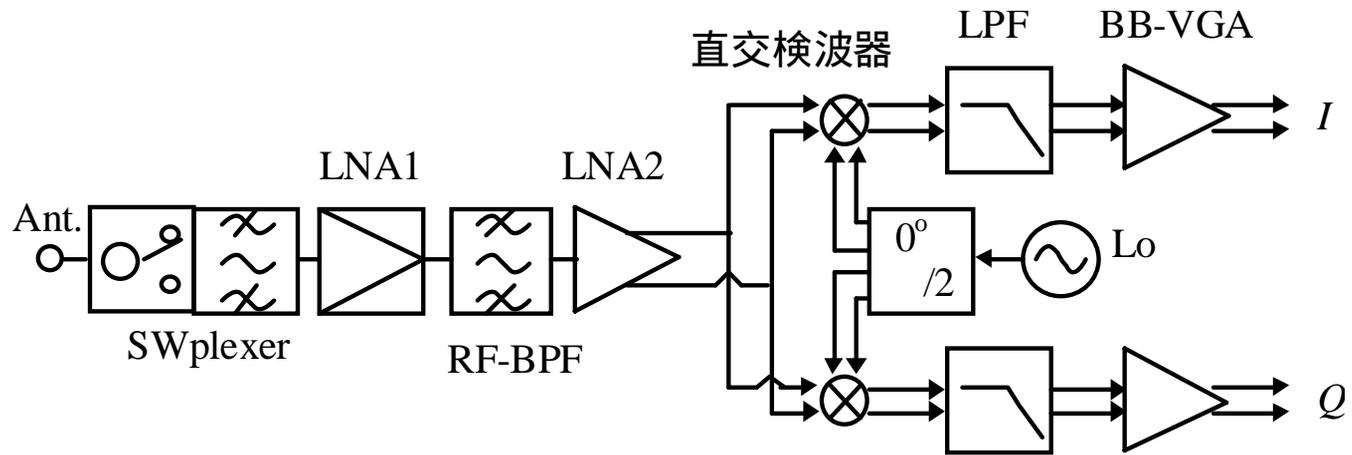
シンボル例



復調回路

# DCRの構成

## ブロック図



GSM/CDMAブロック図

# DCRの構成

## 利点と課題

### 利点

1. IF回路がない。場合によってはRF-BPFも省略可能
2. チャネルバンド幅がソフトウェア処理で可能
3. 局発が1個でよい
4. イメージ応答がない
5. ハイレベルの集積が可能

### 課題

1. BB回路のDCオフセット問題
2. 2次歪み妨害の考慮が必要
3. 局発漏れ等, アイソレーション問題
4. BB回路規模が大きく, 消費電力大

# NFを決めるシナリオ

## SS (Spread spectrum) プロセスゲイン

W-CDMAではNF = 9dBに固定し,  
実験より受信感度 - 117dBmを求めた。  
そのときの $E_b/N_o = 5.2\text{dB}$        $C/N = 8.2\text{dB}$

プロセスゲイン = SS受信時におけるCN改善度

$$G_{proc} = \frac{RFBandwidth}{Rate - in - bps}$$

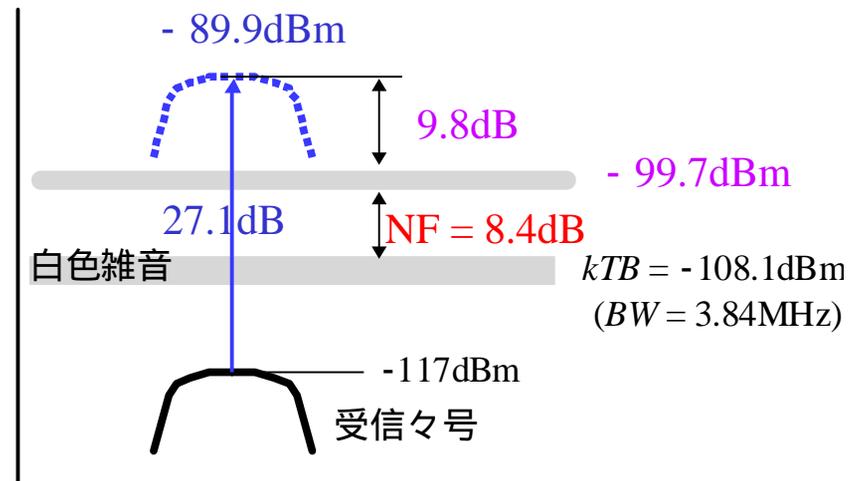
BW = 3.84Mcps

QPSK 15kbps      BPSK 7.5kbps

$$G_p = 10\log \frac{3.84\text{M}}{7.5\text{k}} = 27.1[\text{dB}]$$

QPSK BER= $10^{-3}$       C/N = 9.8dB

$$\begin{aligned} NF &= -117 + 27.1 - 9.8 - (-108.1) \\ &= 8.4\text{dB} \end{aligned}$$

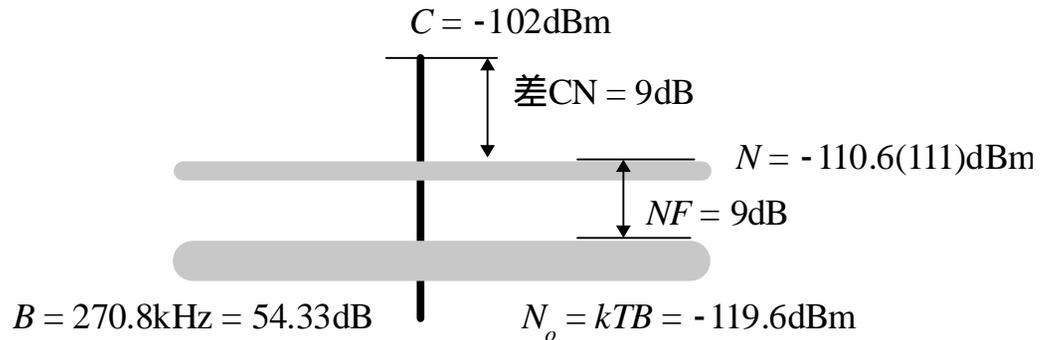


# NFを決めるシナリオ

## GSMのMSK

$$kT = 1.38 \times 10^{-23} \times 293 = -173.93 \text{dBm/Hz}$$

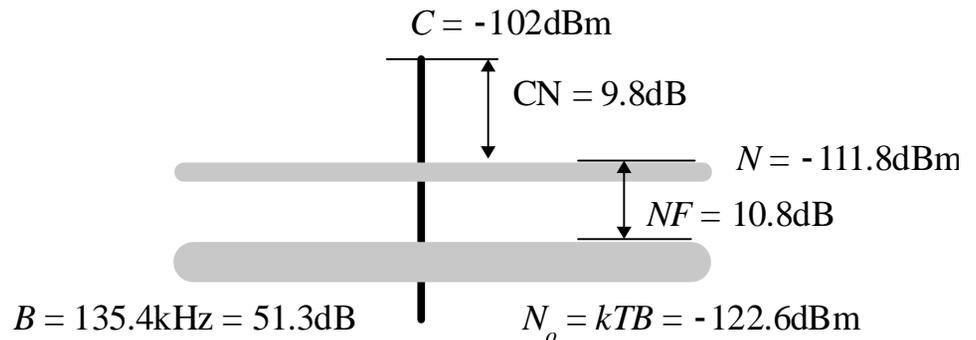
GSM  $C/N=9\text{dB}$



直交検波によるMSK( QPSKと似ている)

必要バンド幅 270.8kHz 135.4kHz

QPSK BER= $10^{-3}$   $C/N = 9.8 \text{dB}$



# 選択度を定めるシナリオ

## CDMA

DCRではBBのLPFが選択度を定める

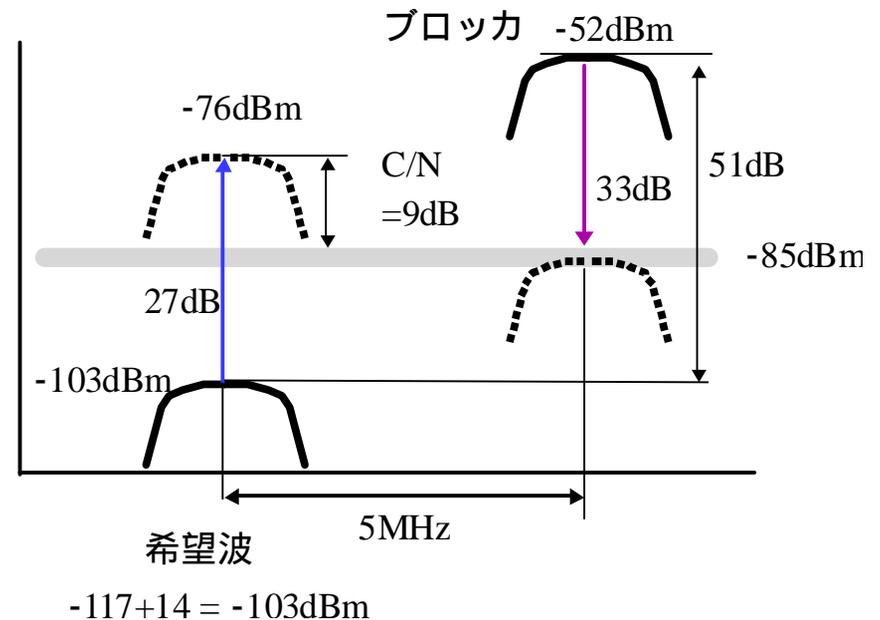
特性は十分ではない 合理的ブロッカシナリオを決めた

### シナリオ

1. 希望波は、受信感度より14dB高い
2. ブロッカは希望波より51dB高い

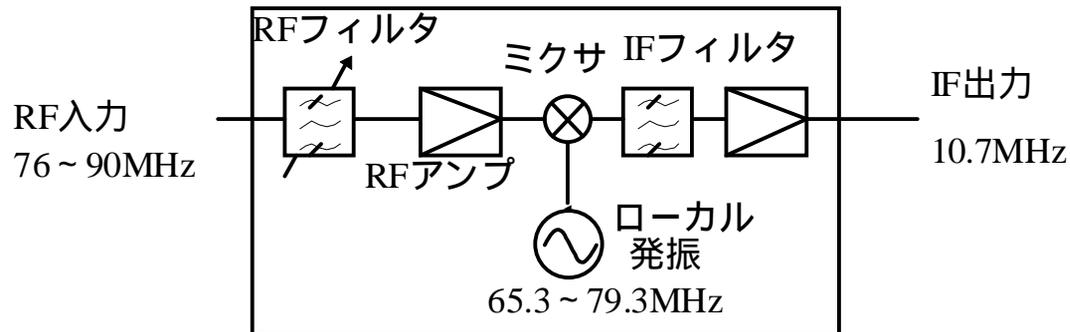
### 結果

隣接チャンネル選択度は33dB

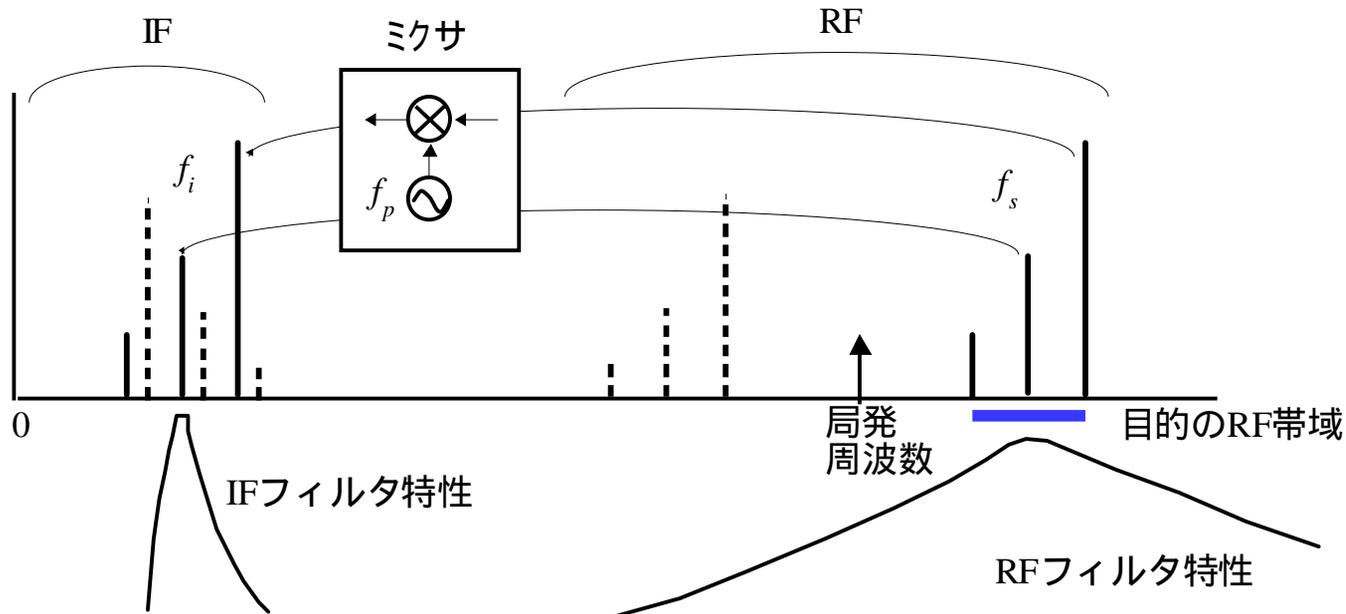


# Review - スーパーヘテロダイン

## スーパーヘテロダインの選局



## 周波数変換とフィルタ動作

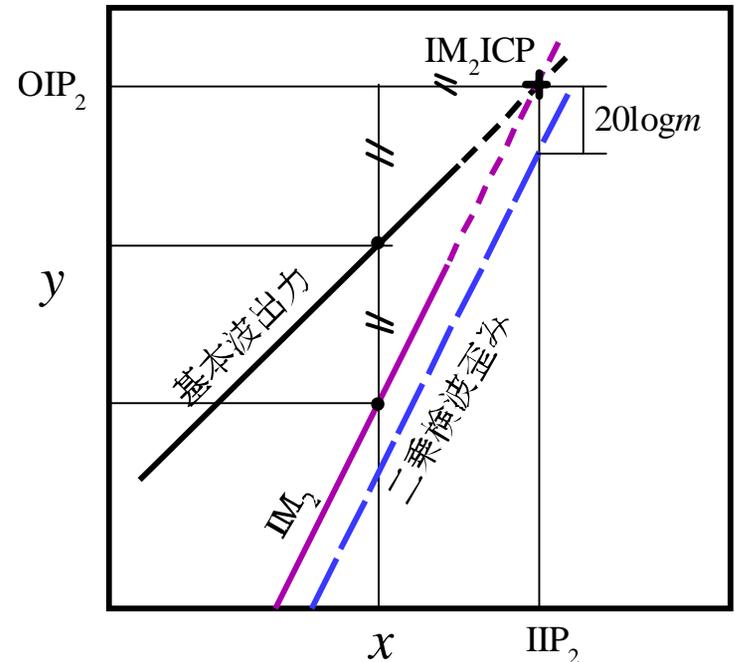
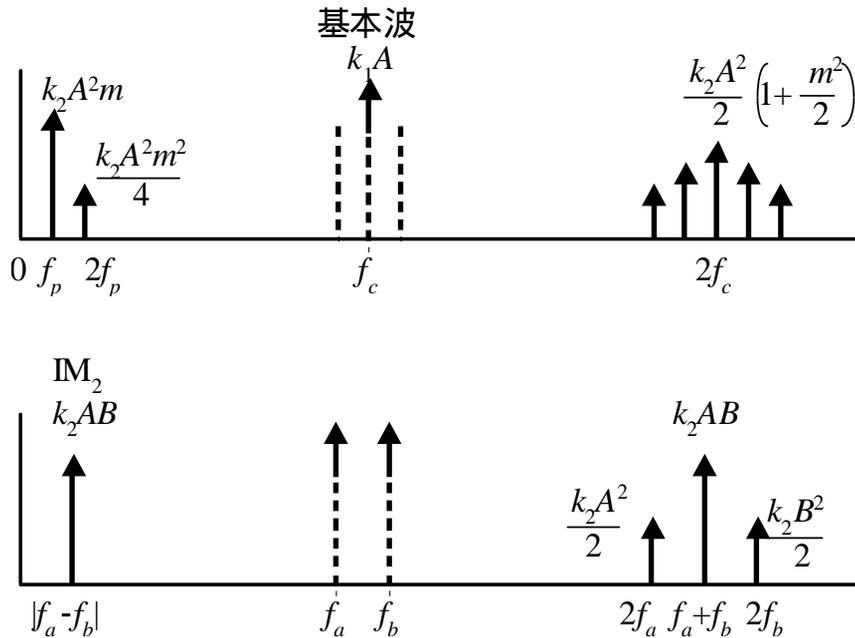


# Review - 非線形2次歪み

## 二乗検波歪み

$$y_2 = k_2 x^2 \quad x = A(1 + m \cos \omega_p t) \cos \omega_c t$$

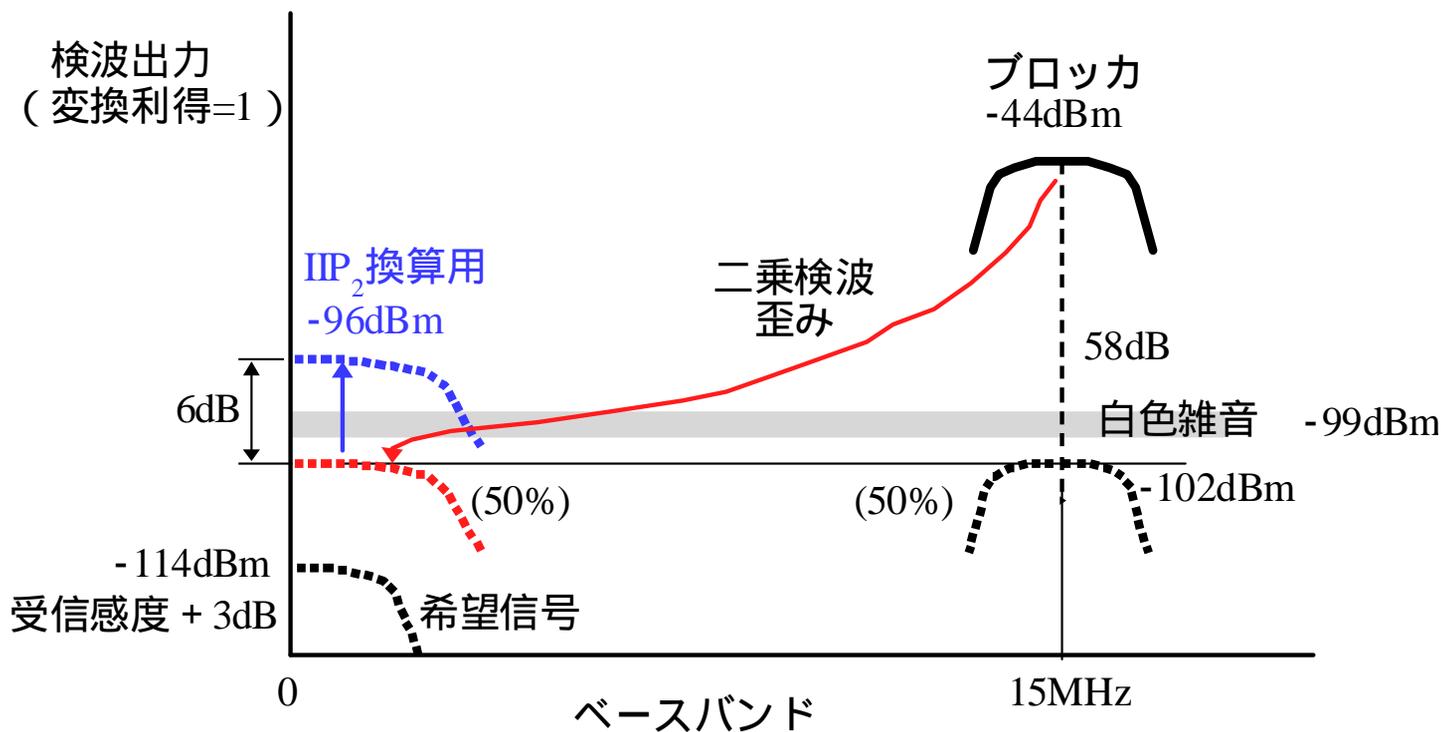
$$y_2 = \frac{k_2 A^2}{2} \left( 1 + \frac{m^2}{2} + 2m \cos \omega_p t + \frac{m^2}{2} \cos 2\omega_p t \right) + \dots$$



# 二乗検波歪み

## W-CDMAのシナリオ

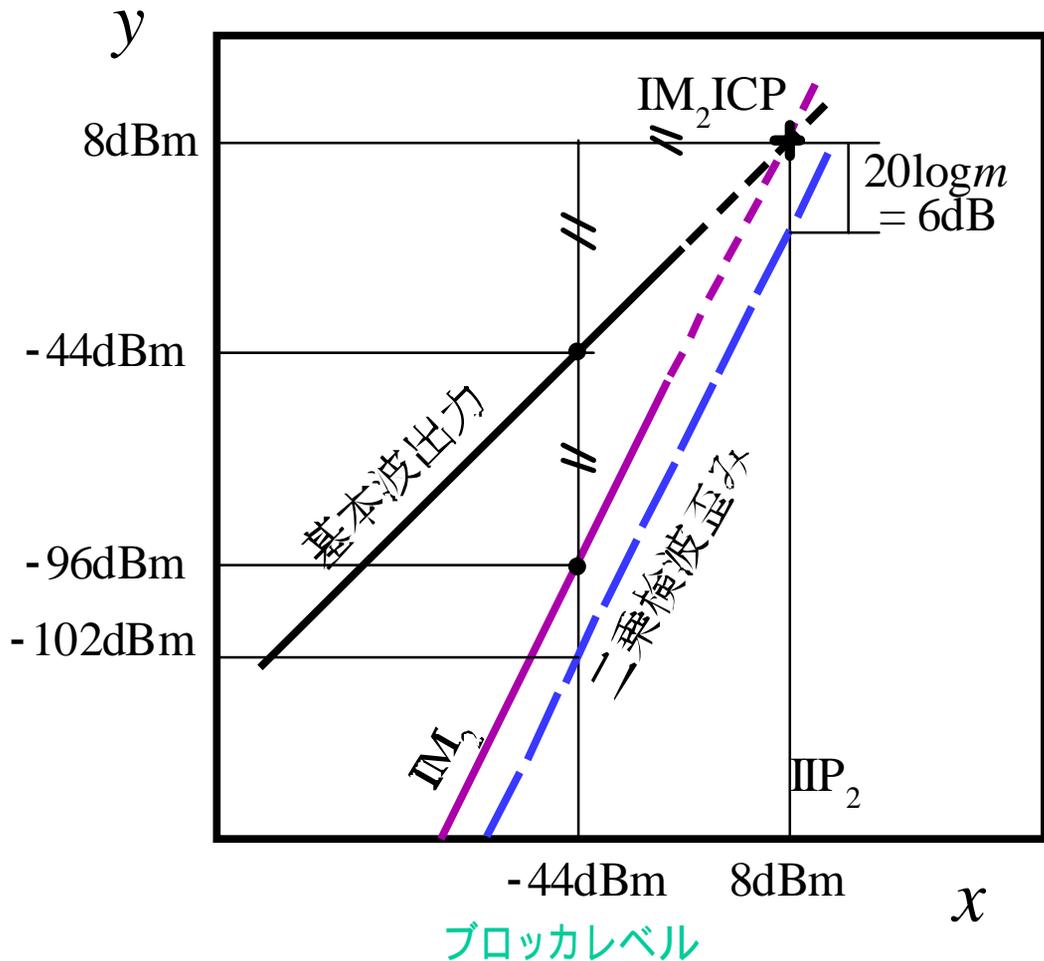
1. 希望信号は受信感度 ( - 117dBm) + 3dB
2. ブロックは15MHz離れて - 44dBm



# 二乗検波歪み

## 受信機のIIP<sub>2</sub>

二乗検波歪み



## 非線形2次歪み

**問題** GSM受信機ミキサに要求するIIP<sub>2</sub>を求めよ

LNAにおけるIM<sub>2</sub>の等価入出力特性を描け

条件 IM<sub>2</sub>妨害はミキサで発生するものとする

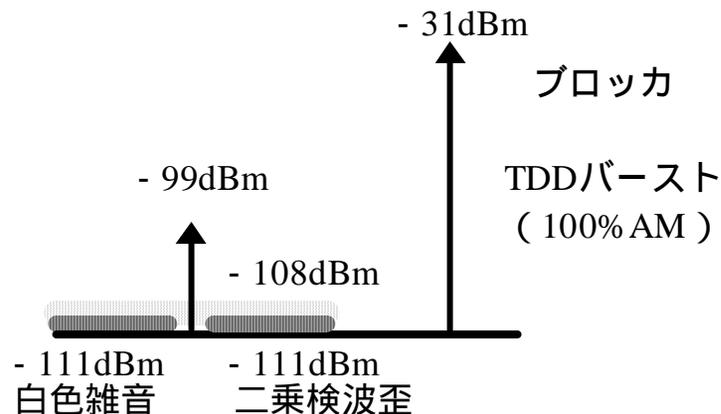
希望波レベル - 99dBm(最大感度+3dB)

熱雑音レベル - 111dBm

ブロッカはレベル - 31dBm , 6MHz離れたTDDバースト信号  
(100%AM変調と仮定)

LNA利得10dB

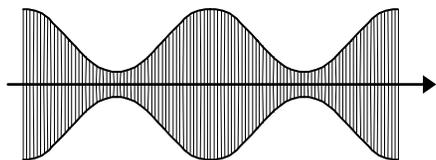
次スライド参照



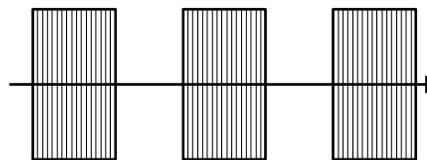
# 非線形2次歪み

## 2次歪み考慮の背景

2乗検波歪み: ブロックがAM検波される

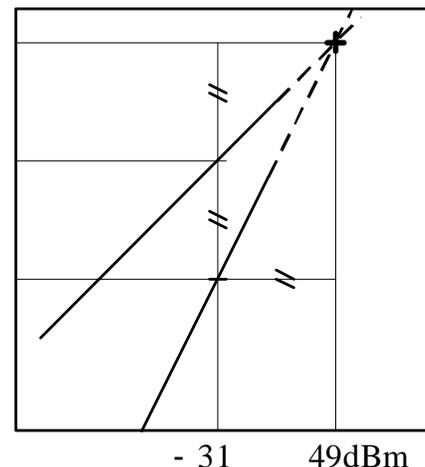
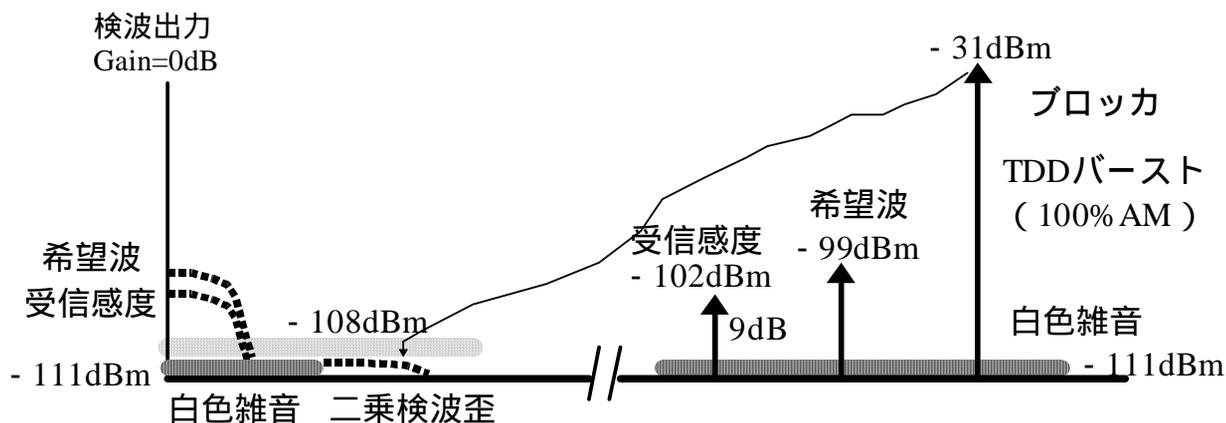


AM成分を持つ信号 (QPSK)



バースト信号 (TDMA)

1. GSM受信機のIIP<sub>2</sub>を求めよ (DCRに限定)

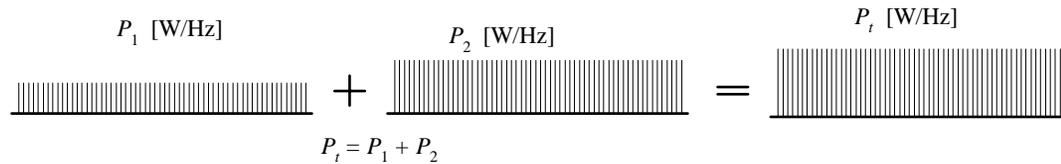


## ノイズの性質

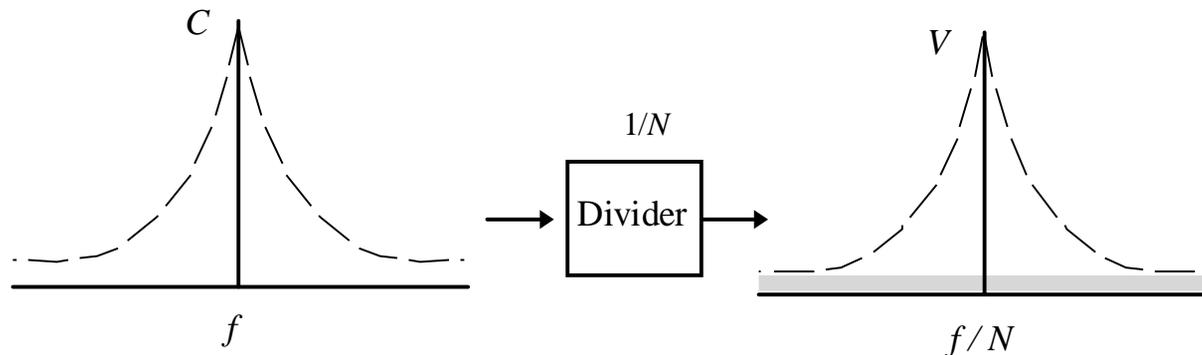
### 1. フェーズノイズ $n$ 進倍

$20 \log_{10} n$  dBの増加

### 2. 一般重畳

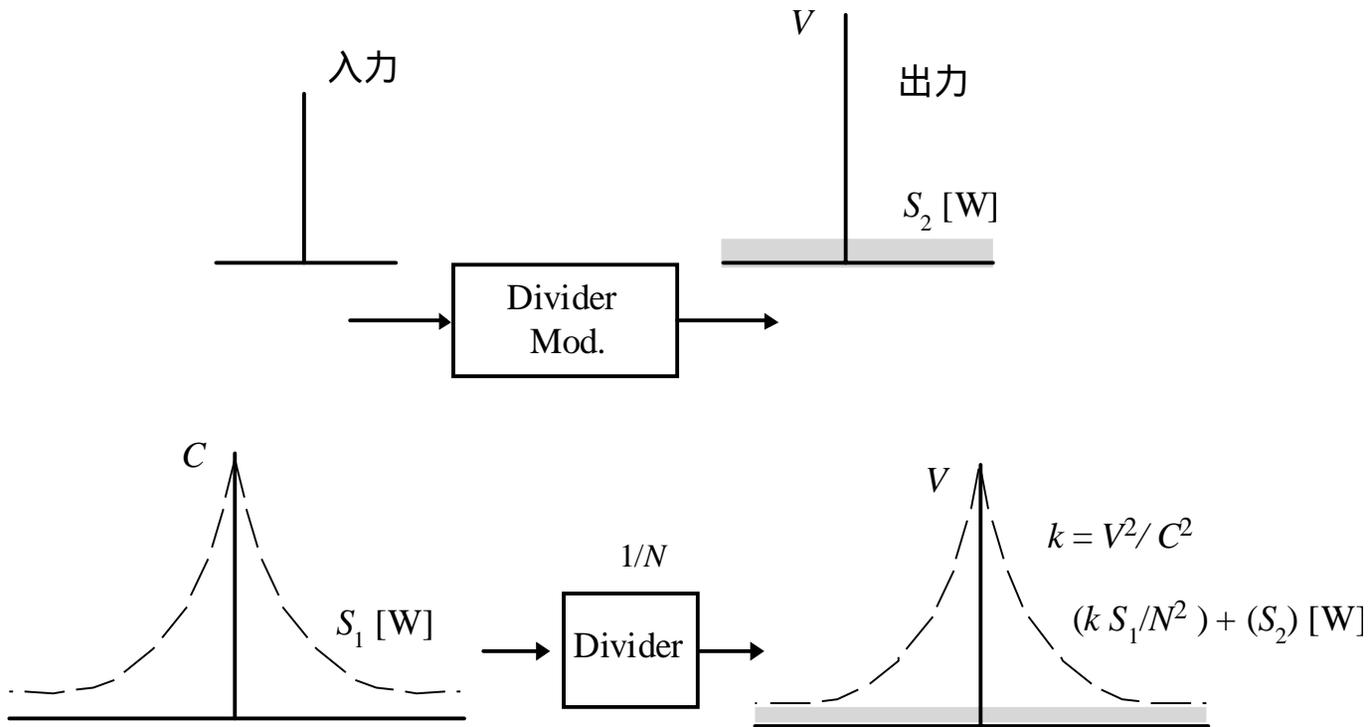


### 3. 縦続重畳



# 雑音特性

## 縦続回路のフェーズノイズ



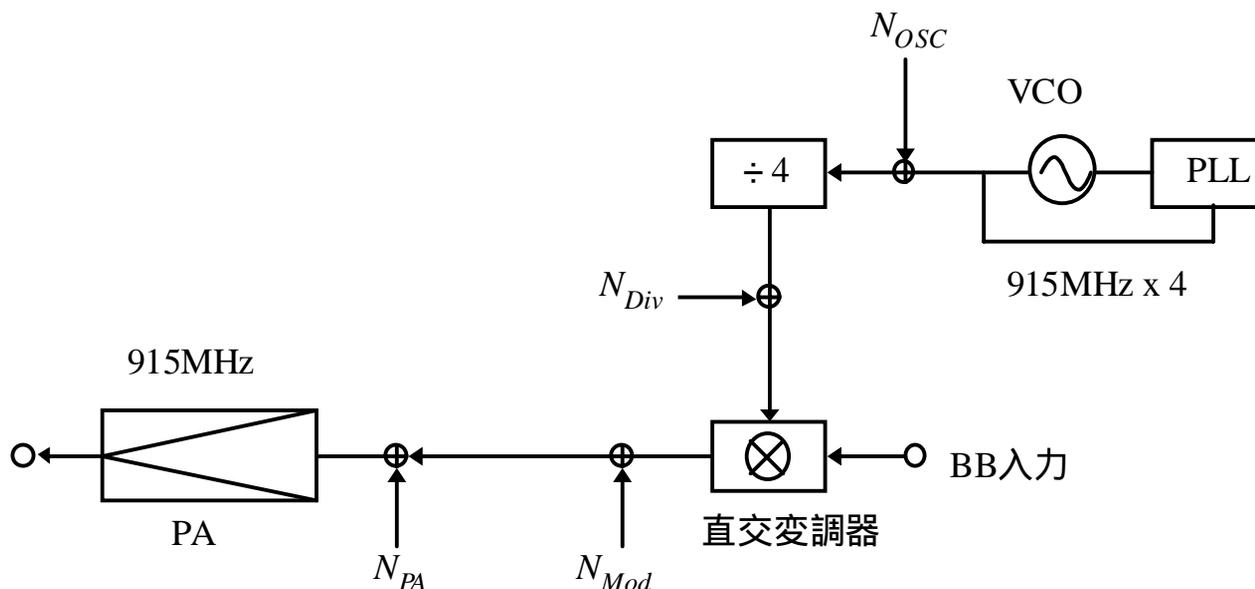
Nデバイダでは入力雑音が  $-20\log N$  改善

(注) : 雑音は一般には[dBc]で表現されている

# 雑音特性

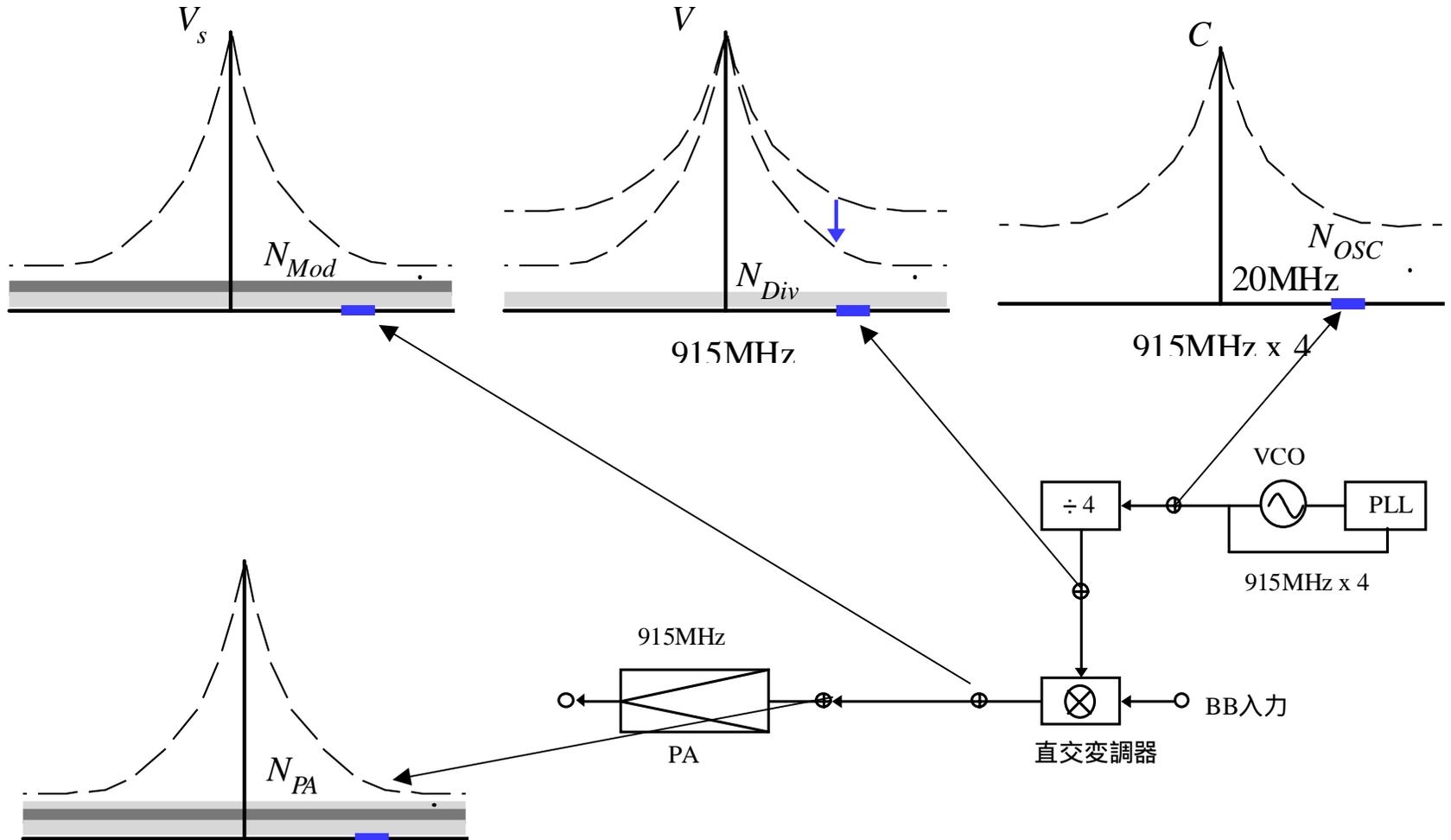
## DCTの帯域外雑音

935MHz (off-20MHz) の雑音？



# 雑音特性

## DCTの帯域外雑音の重畳

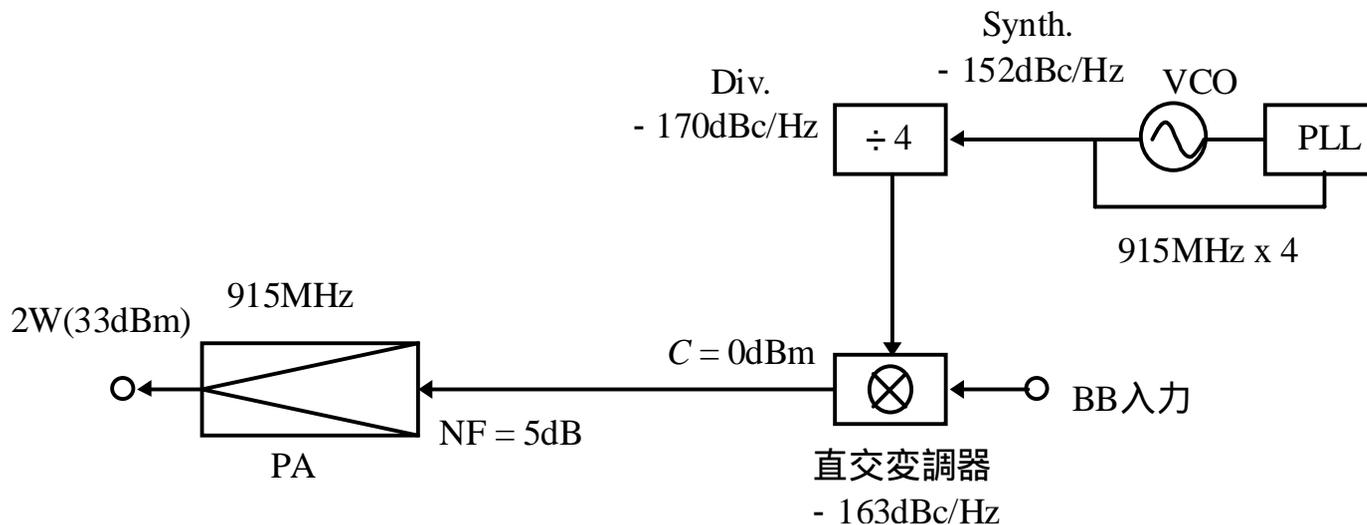


# 帯域外雑音

## 問題 20MHzオフキャリアの雑音レベルを求めよ

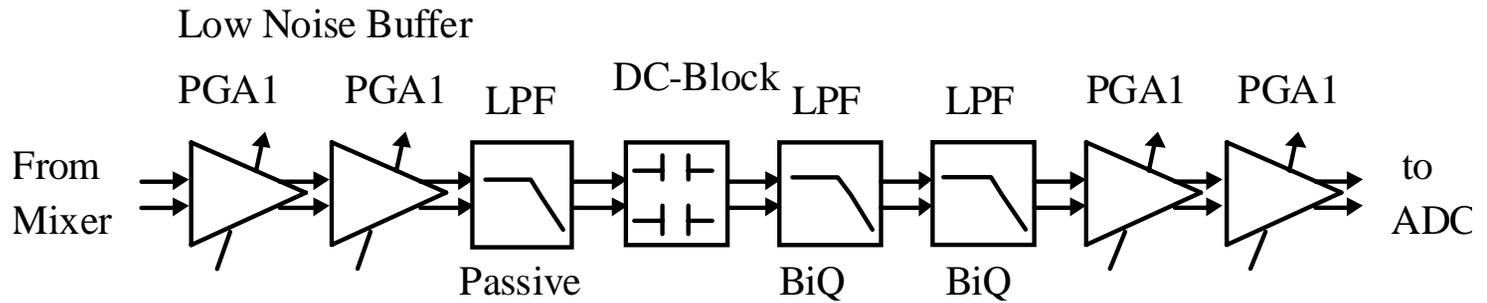
条件： 図内のdBcは該当周波数のフェーズノイズレベル

$$N_o = -173.9\text{dBm/Hz} @293\text{K}$$



# DCRベースバンド回路

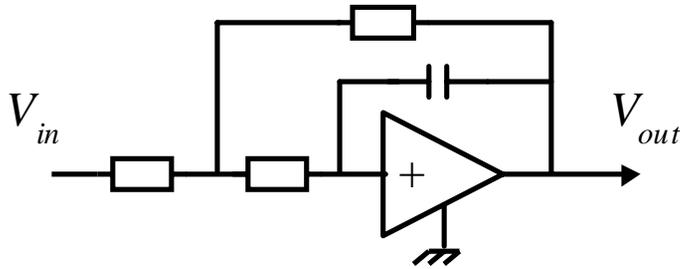
## 一般的なブロック図例



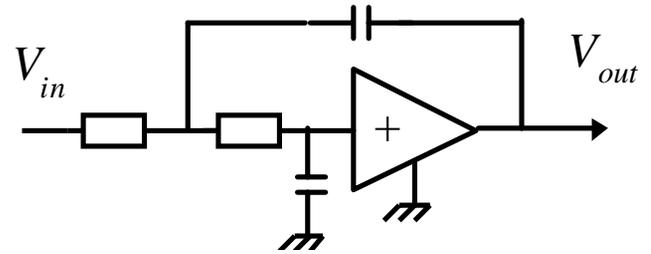
PGA : Programmable gain-control amp.

# DCRベースバンド回路

## LPF原理回路



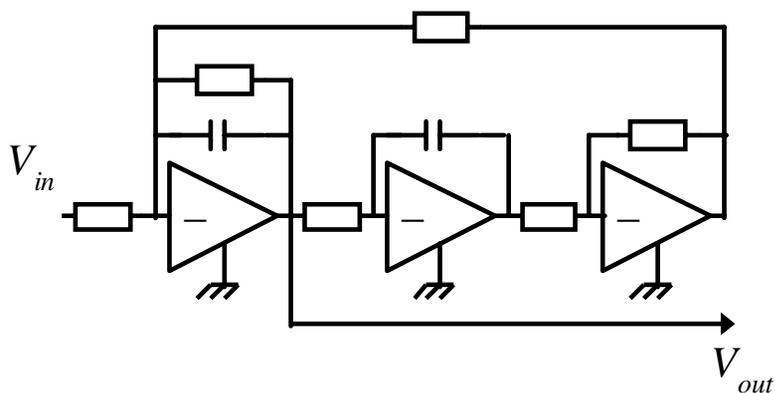
1次フィルタ



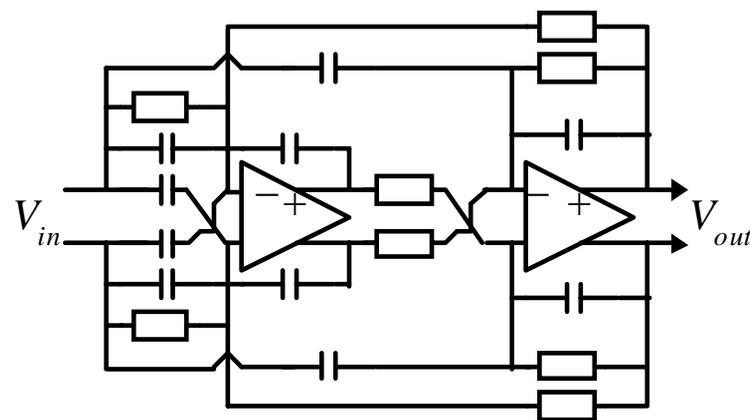
2次フィルタ (Sallen-Key)

# DCRベースバンド回路

## Tow-Thomas Biquad LPF回路



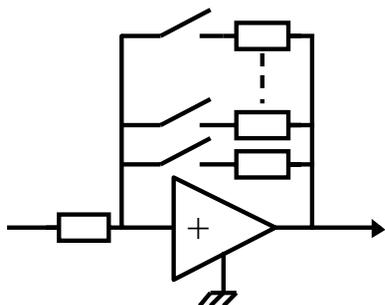
原理回路



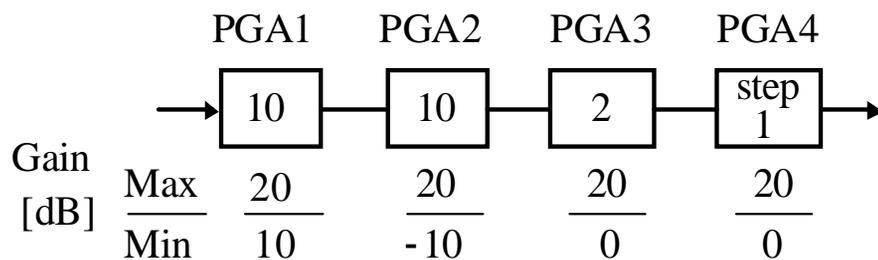
平衡動作

# DCRベースバンド回路

## VGA (利得可変アンプ)



原理回路



PGAの利得配分例

# 方式性能比較

## PDCの性能

システム	W-CDMA	GSM	PDC*
ダイナミックレンジ	92dB (-25 ~ -117dBm)	87dB (-15 ~ -102dBm)	102dB* (-7 ~ -109dBm)* ~ -103dBm
NF	9dB	9dB	9dB*
IICP <sub>3</sub>	-17dBm	-18dBm	-9dBm (0dBm)*
チャンネル間隔	5MHz	200kHz	25kHz
局発CN dBc/Hz	-129@8MHz	-121@600kHz	-114*@100kHz

\* PDCは慣習的仕様

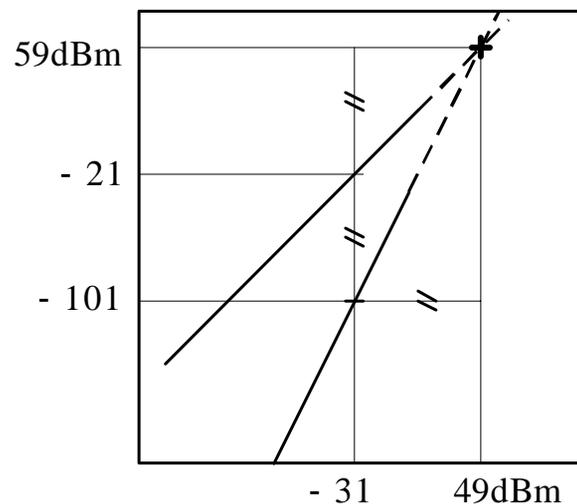
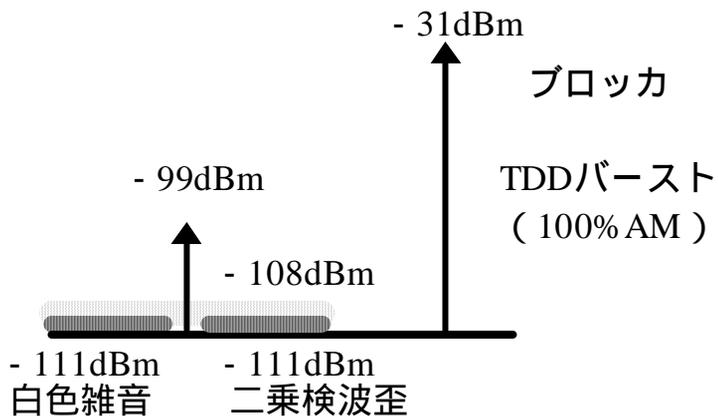
For Instructor

IIP<sub>2</sub>に関する問題の解答

1. GSM受信機ミキサに要求するIIP<sub>2</sub>を求めよ

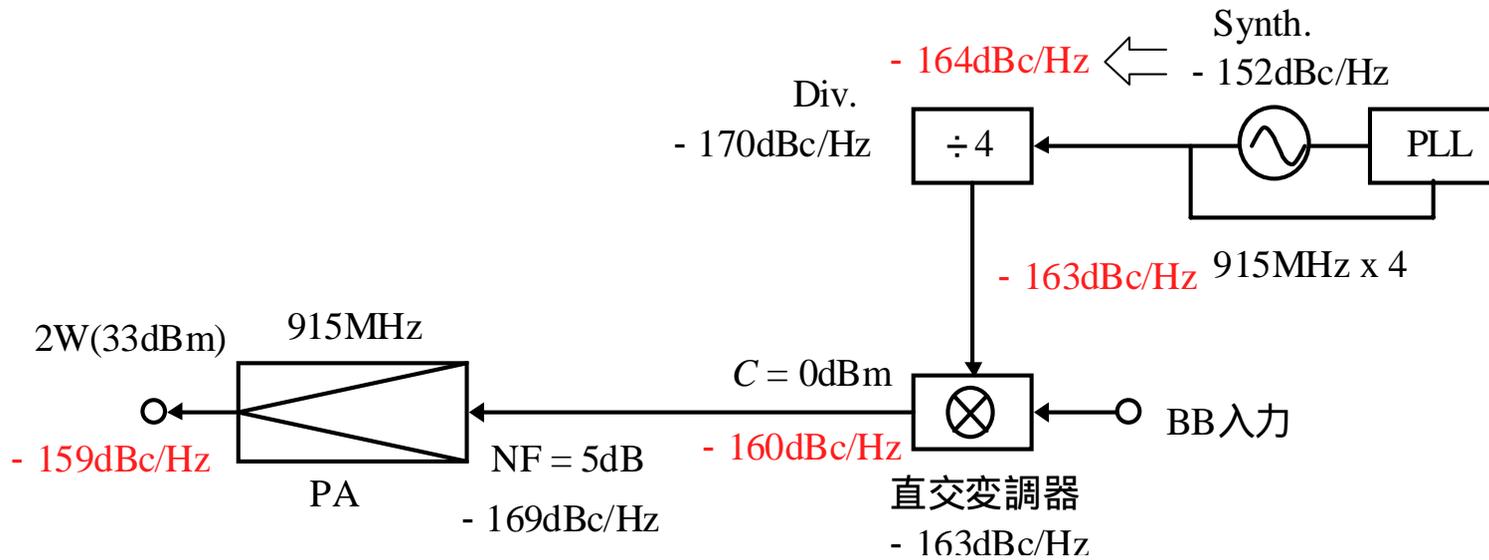
$$IIP_{2LNA} = -31 + (-31 - (-111)) = 49\text{dBm}$$

$$IIP_{2MIX} = 49\text{dBm} + 10 = 59\text{dBm}$$



# 帯域外雑音

## 帯域外雑音問題の解答



$$N_o = -173.9\text{dBm/Hz} @293\text{K}$$