

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**

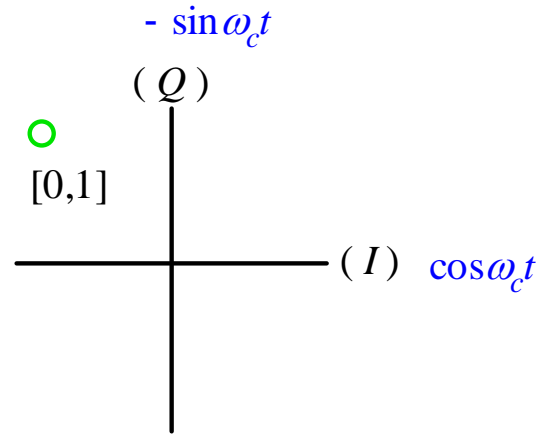
10. ダイレクトコンバージョンRX / TX

2005年 12月15日(木)

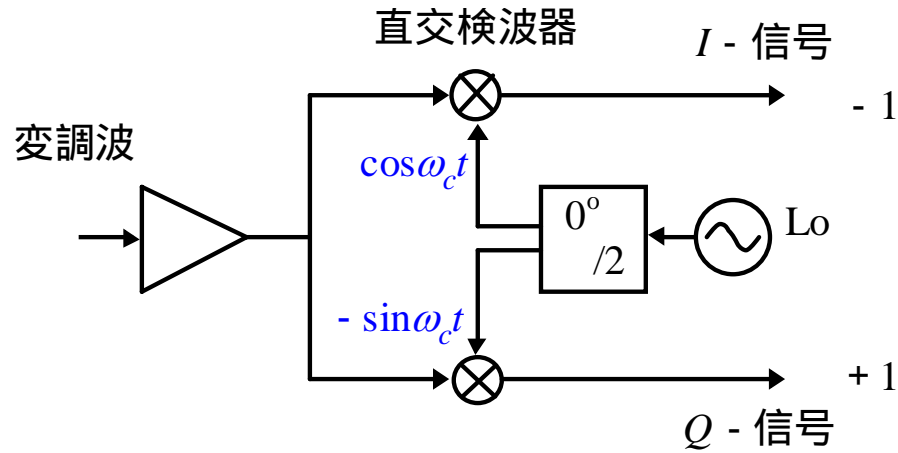
1. DCRの構成
2. NFを決めるシナリオ
3. 選択度を決めるシナリオ
4. 二乗検波歪み
5. 雑音特性
6. DCRベースバンド回路
7. 方式性能比較

Review - 直交復調回路

QPSK復調



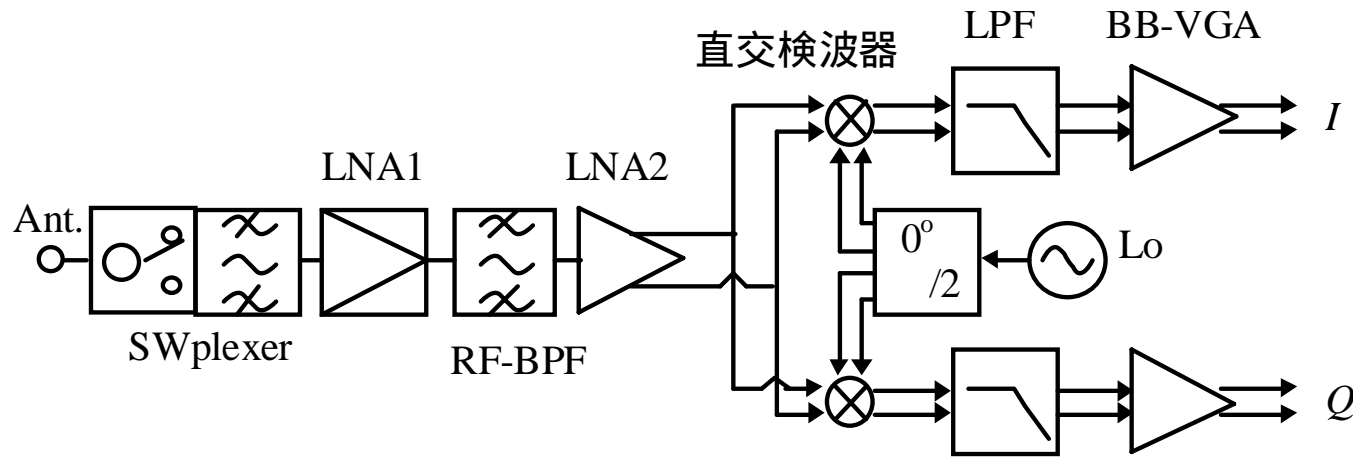
シンボル例



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

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

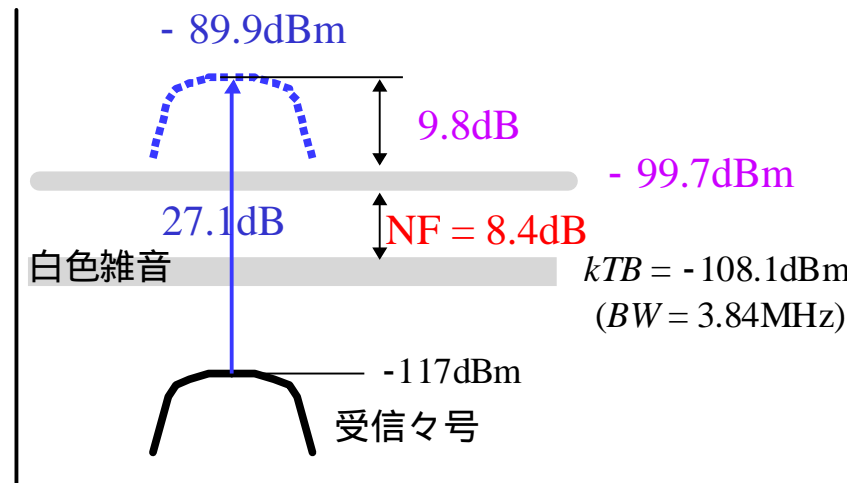
BW = 3.84Mcps

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

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

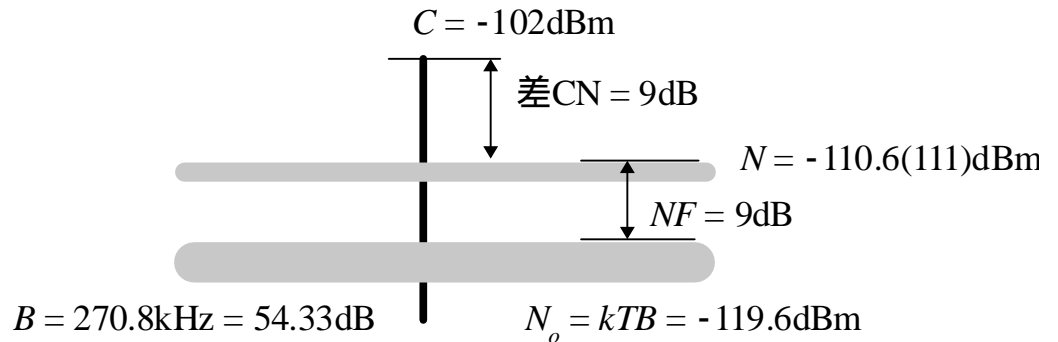


NFを決めるシナリオ

GSMのMSK

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

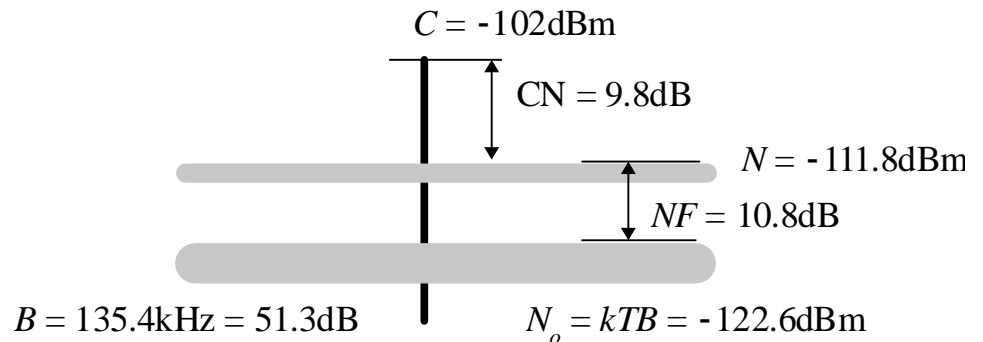
GSM $C/N=9\text{dB}$



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} $C/N = 9.8\text{dB}$



選択度を決めるシナリオ

CDMA

DCRではBBのLPFが選択度を決める

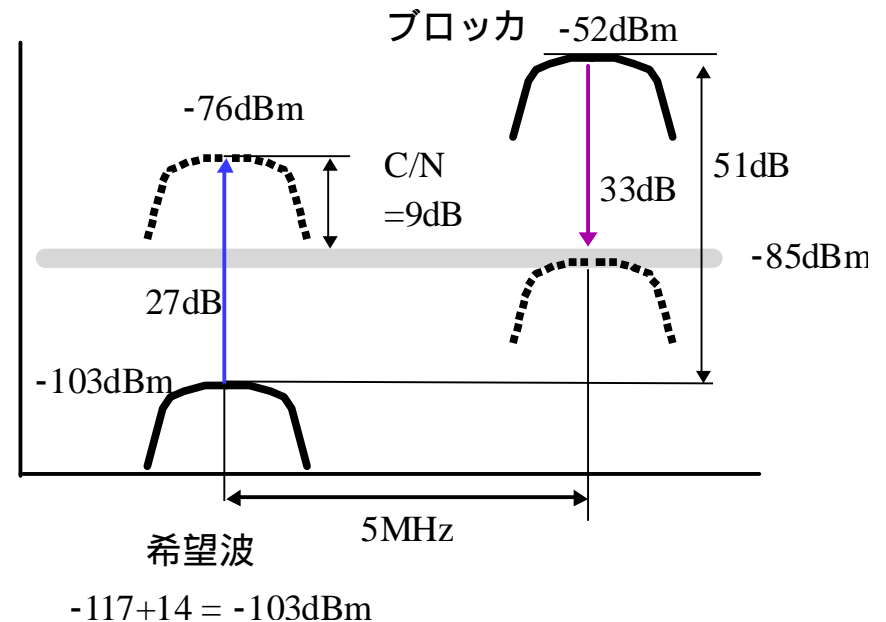
特性は十分ではない 合理的ブロッカシナリオを決めた

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

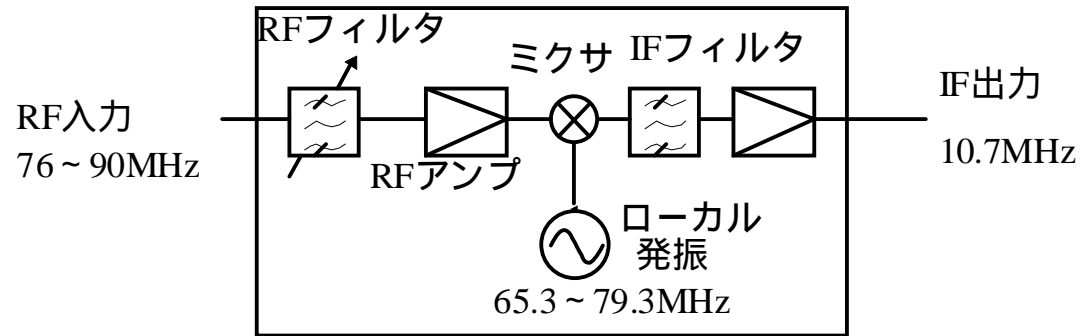
結果

隣接チャンネル選択度は33dB

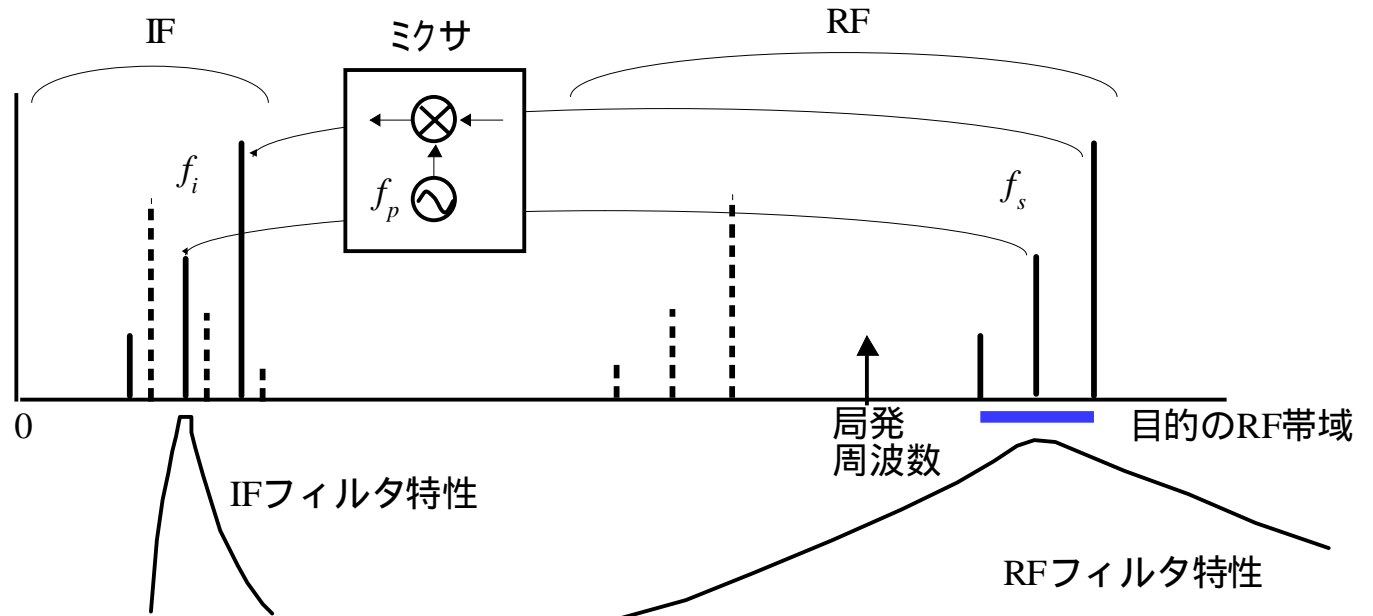


Review - スーパーヘテロダイン

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

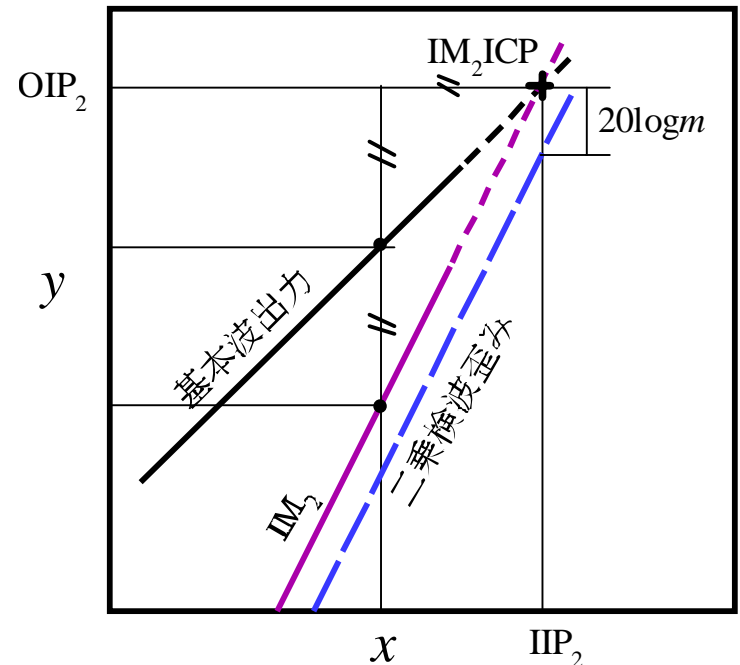
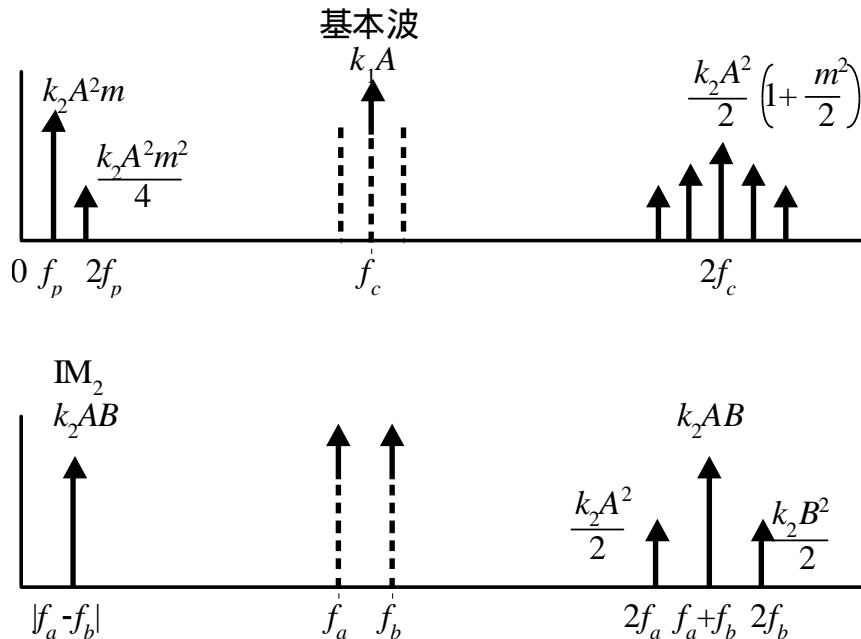


Review - 非線形2次歪み

二乗検波歪み

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

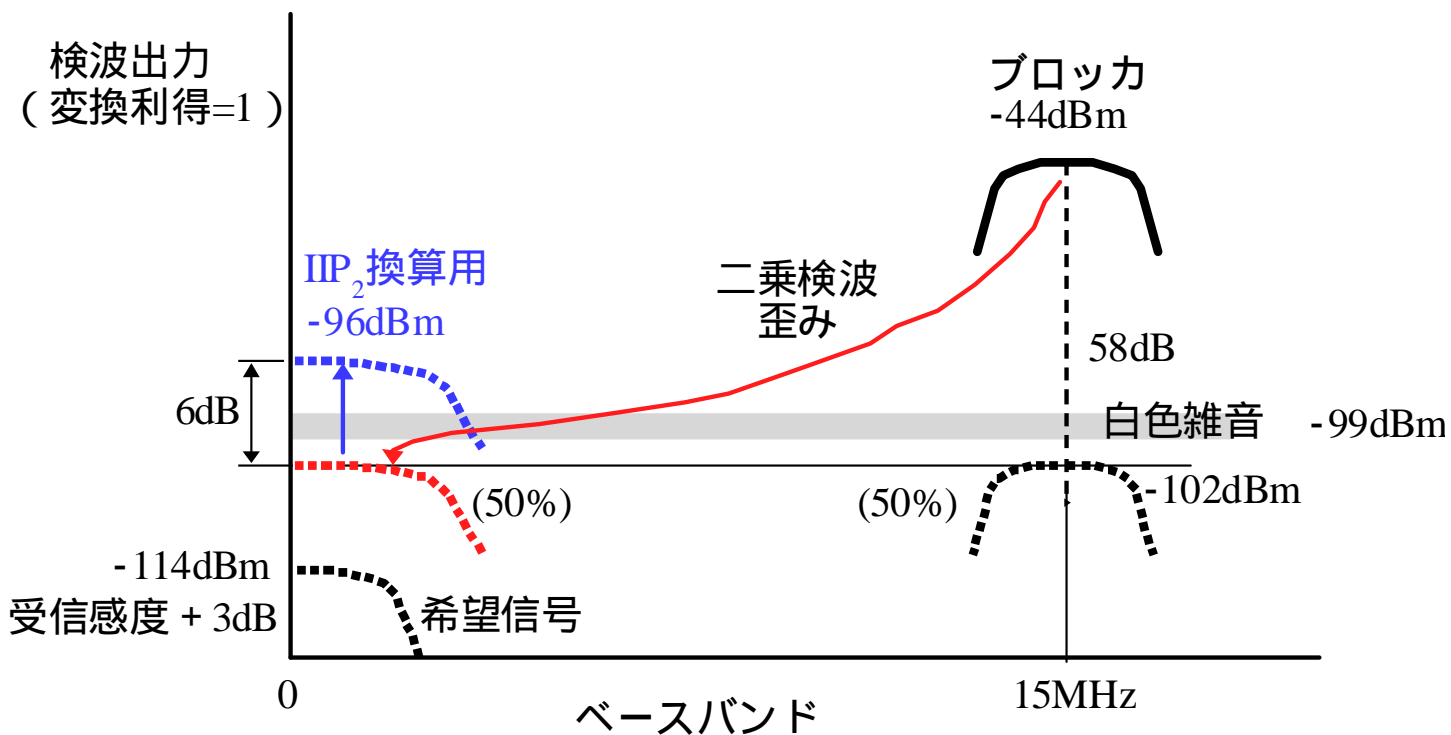
$$y_2 = \frac{k_2 A^2}{2} \left(1 + \frac{m^2}{2} + 2m \cos \omega_p t + \frac{m^2}{2} \cos 2\omega_p t \right) + \dots$$



二乗検波歪み

W-CDMAのシナリオ

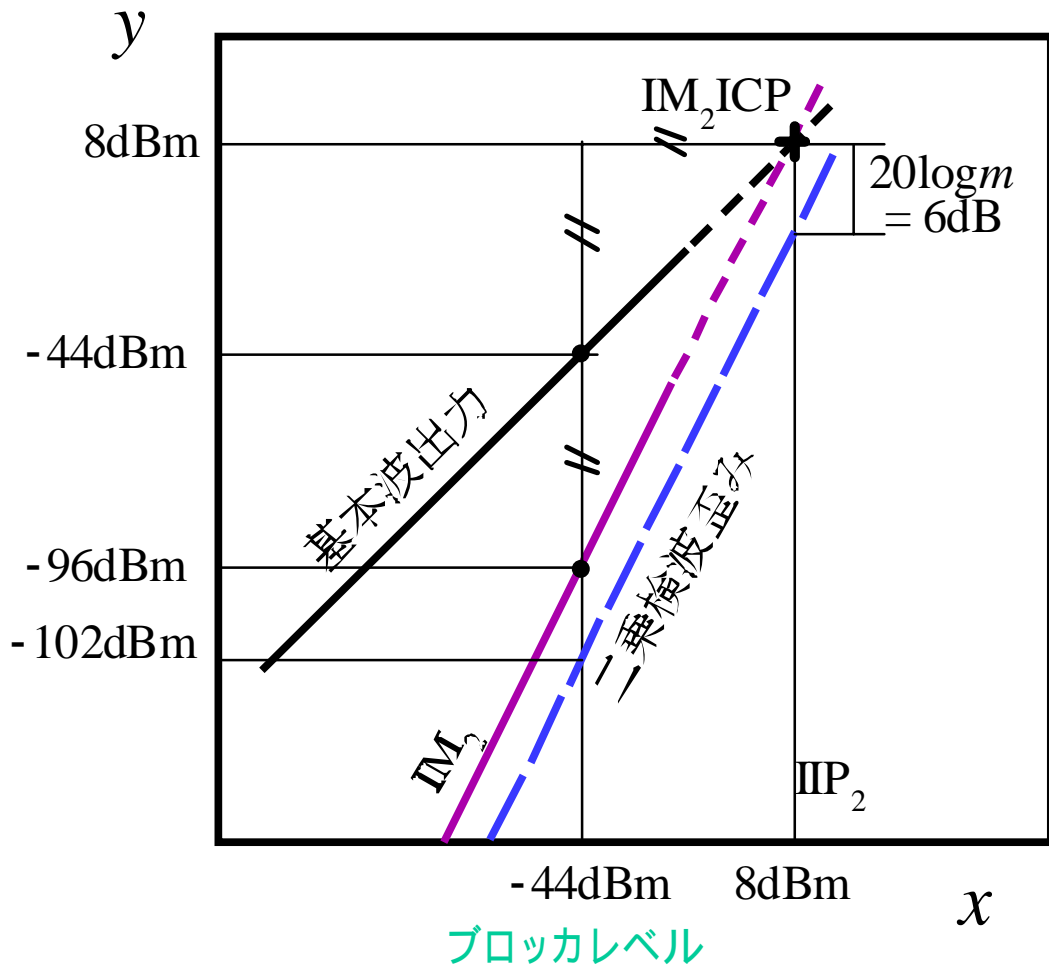
1. 希望信号は受信感度 (- 117dBm) + 3dB
2. ブロックは15MHz離れて - 44dBm



二乗検波歪み

受信機のIIP₂

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IIP₂を求めよ

LNAにおけるIM₂の等価入出力特性を描け

条件 IM₂妨害はミキサで発生するものとする

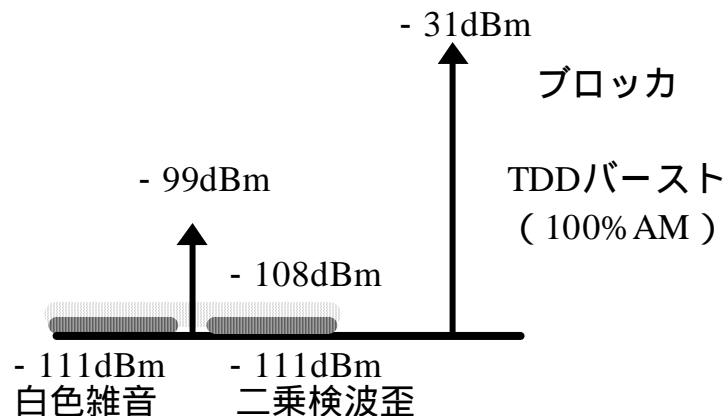
希望波レベル - 99dBm(最大感度+3dB)

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

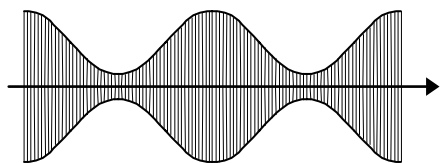
次スライド参照



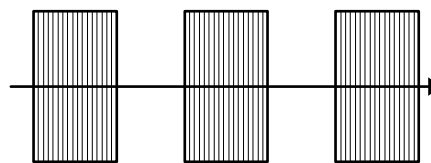
非線形2次歪み

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

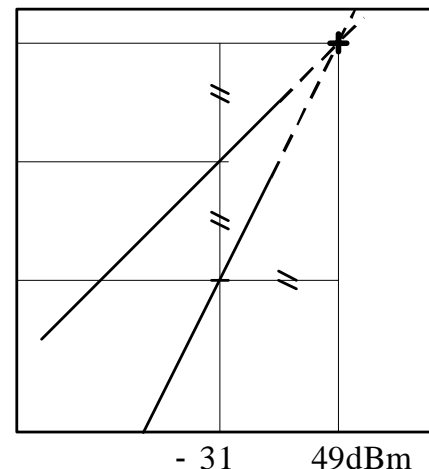
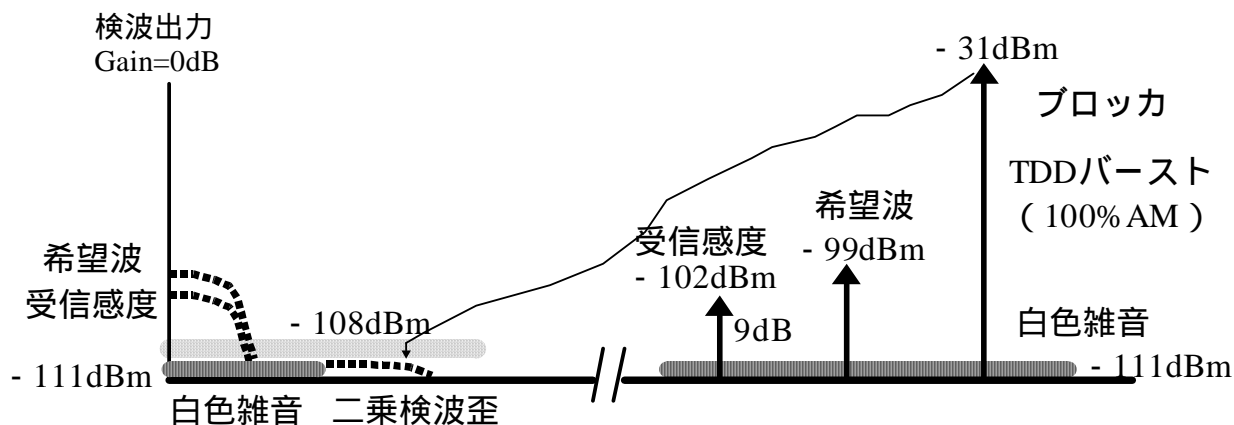


AM成分を持つ信号 (QPSK)



バースト信号 (TDMA)

1. GSM受信機のIIP₂を求めよ (DCRに限定)

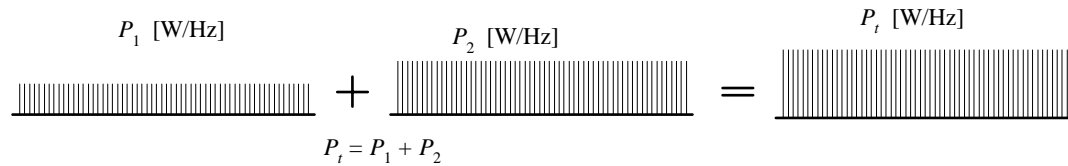


ノイズの性質

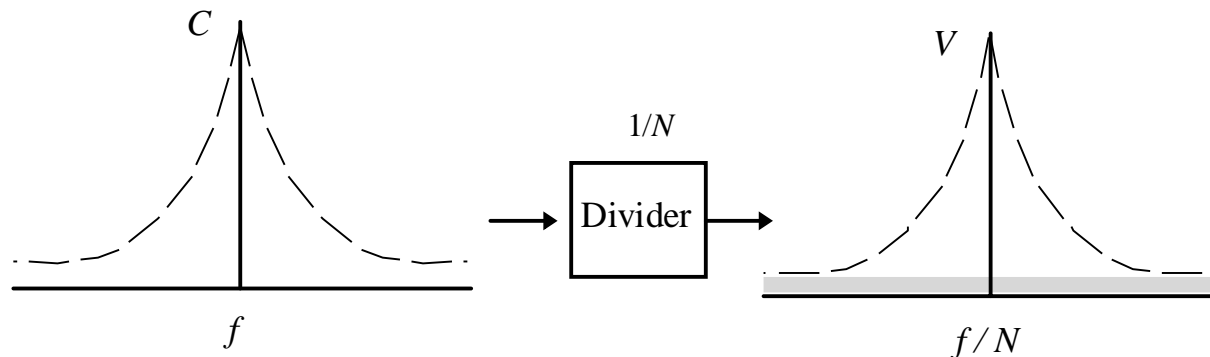
1. フェーズノイズ n 進倍

$20 \log_{10} n$ dBの増加

2. 一般重畳

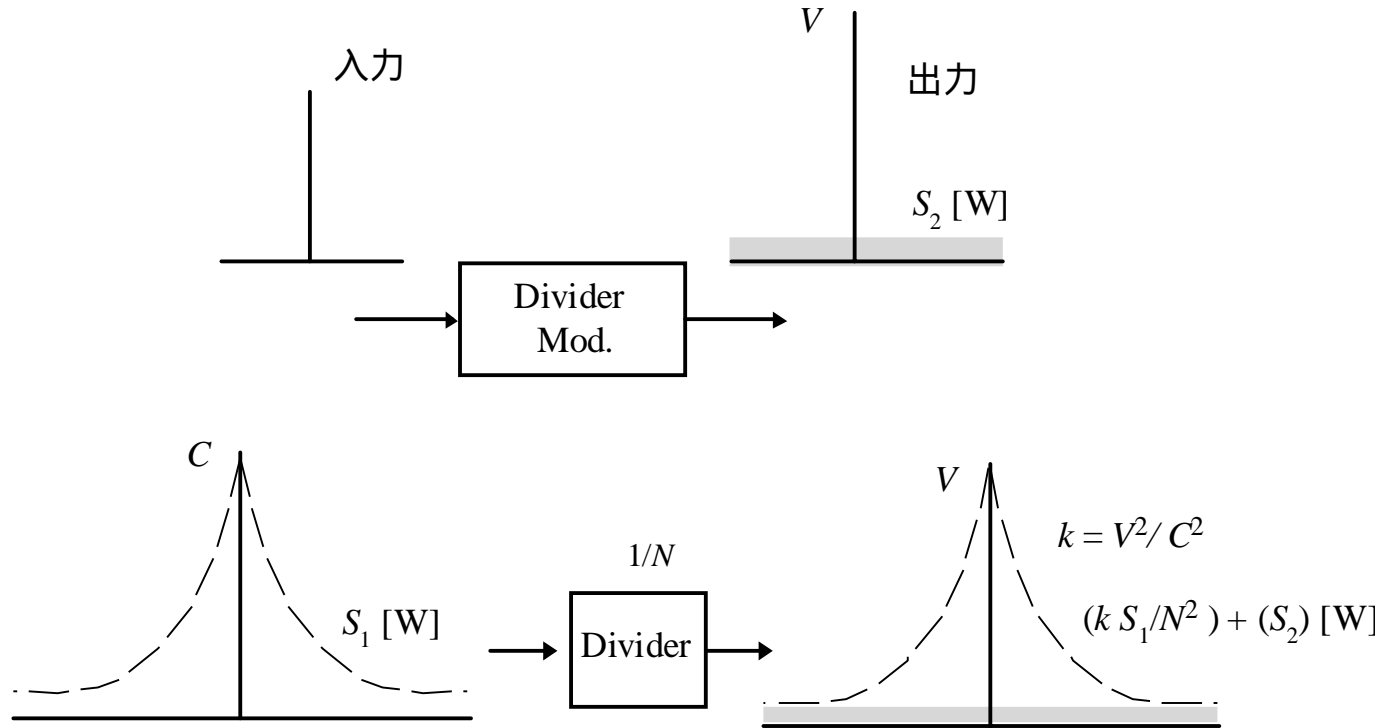


3. 縦続重畳



雑音特性

縦続回路のフェーズノイズ



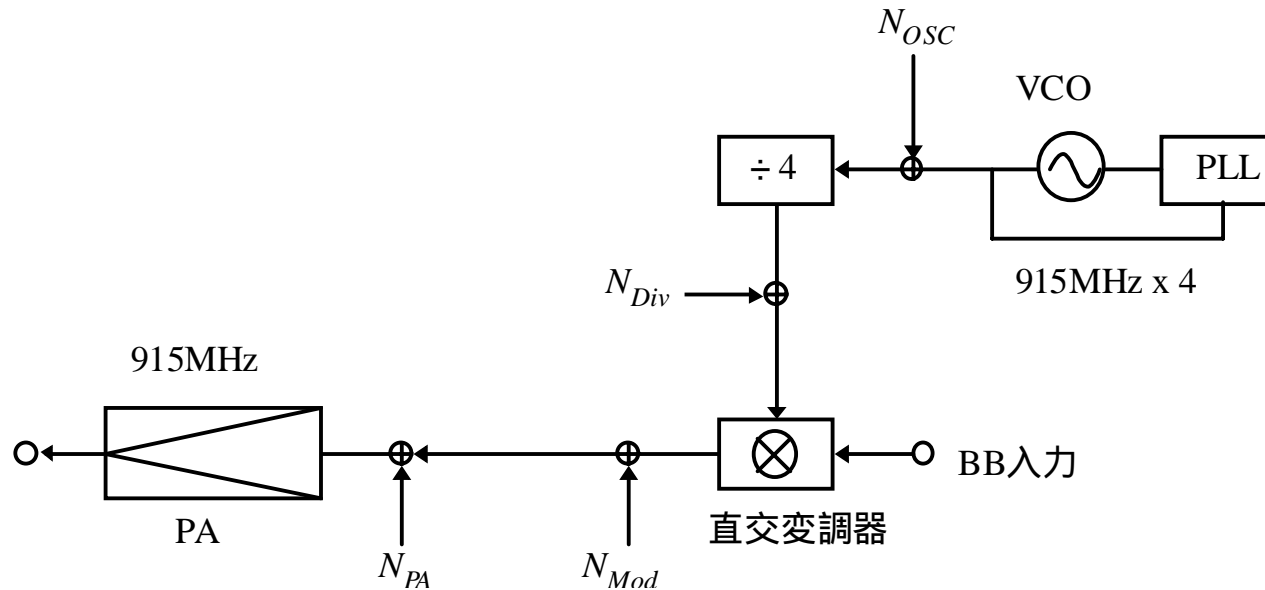
Nデバイダでは入力雑音が $-20\log N$ 改善

(注) : 雑音は一般には[dBc]で表現されている

雑音特性

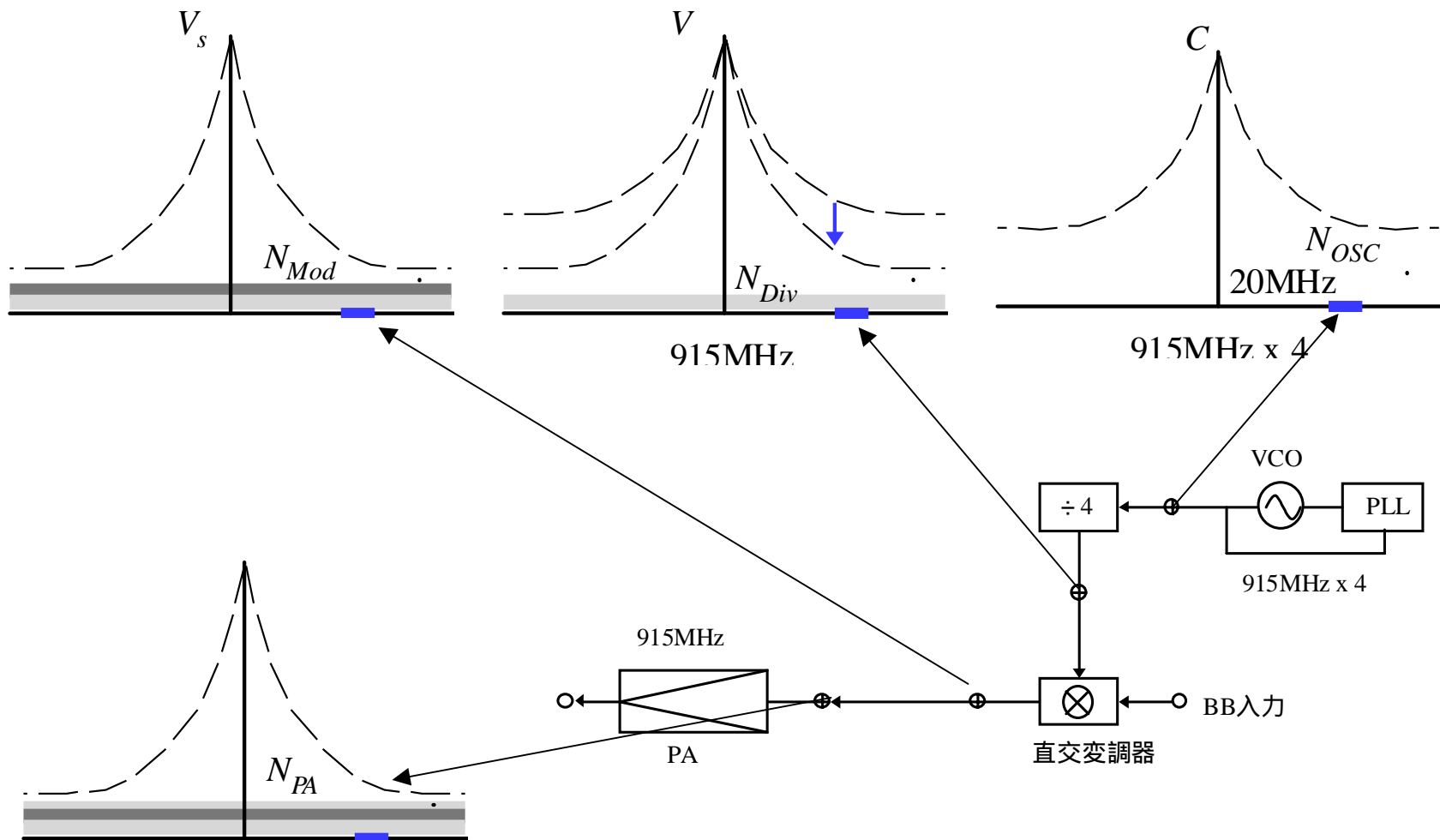
DCTの帯域外雑音

935MHz (off-20MHz) の雑音？



雑音特性

DCTの帯域外雑音の重畳

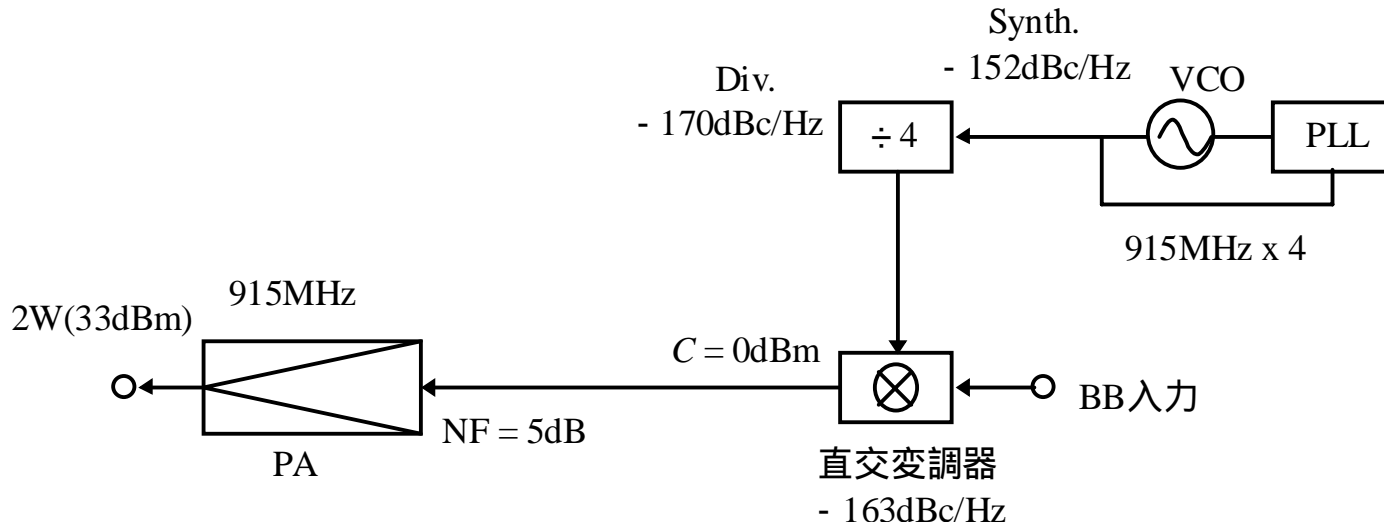


帯域外雑音

問題 20MHzオフキャリアの雑音レベルを求めよ

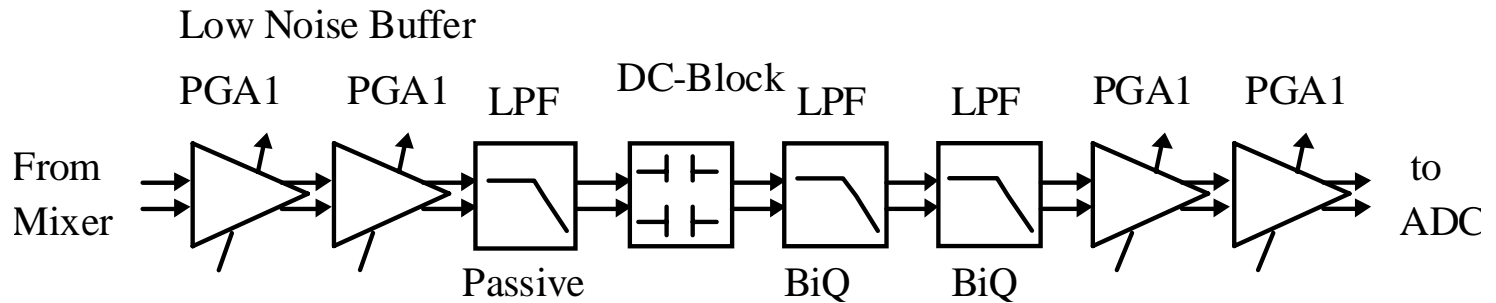
条件： 図内のdBcは該当周波数のフェーズノイズレベル

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



DCRベースバンド回路

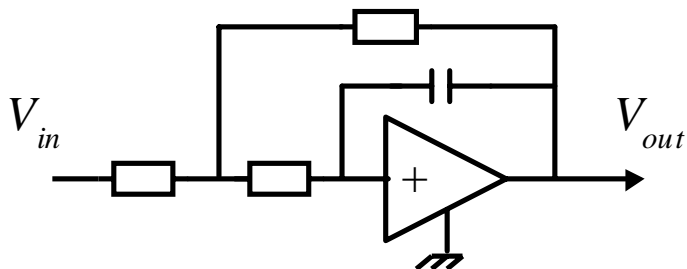
一般的なブロック図例



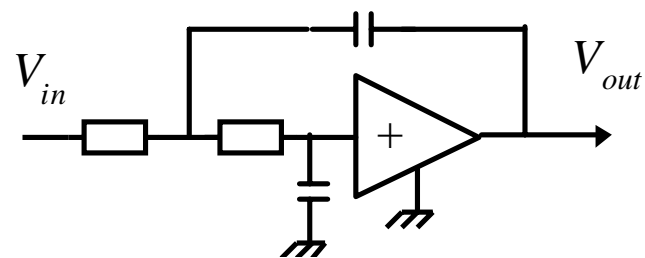
PGA : Programmable gain-control amp.

DCRベースバンド回路

LPF原理回路



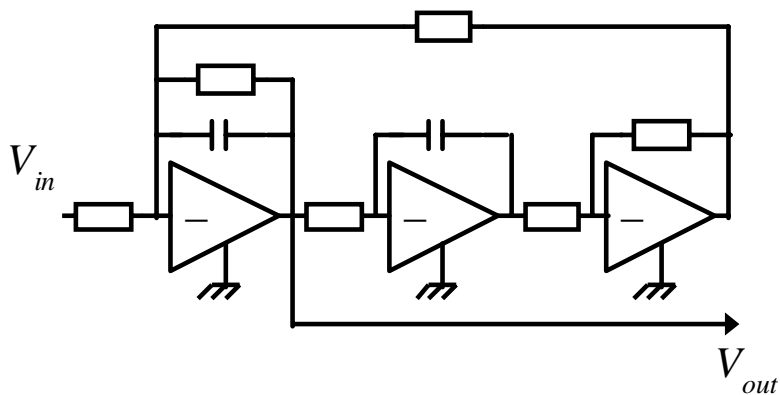
1次フィルタ



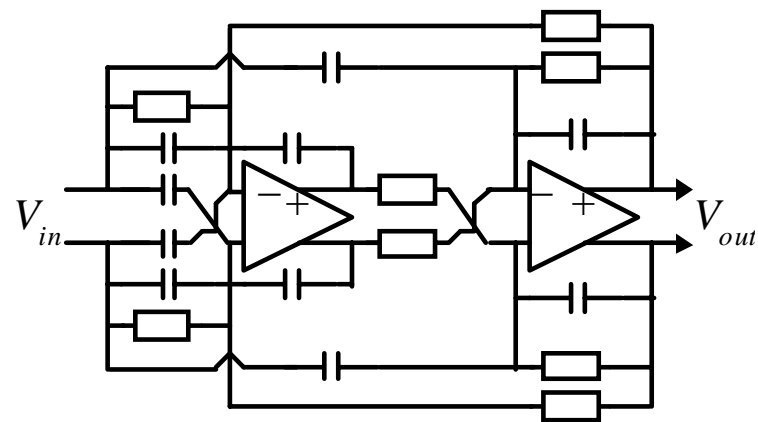
2次フィルタ (Sallen-Key)

DCRベースバンド回路

Tow-Thomas Biquad LPF回路



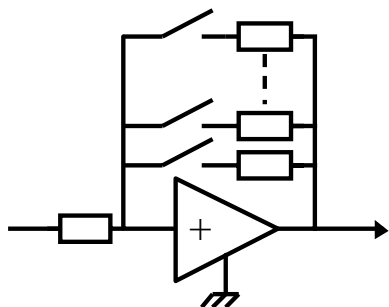
原理回路



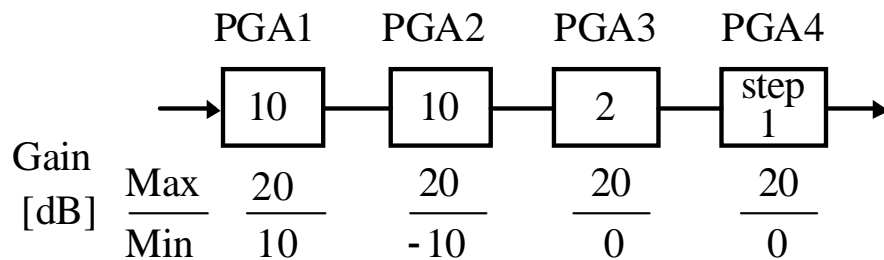
平衡動作

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 ₃	-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

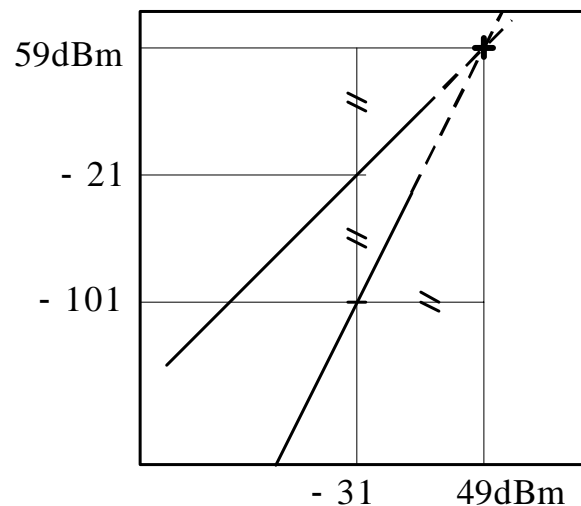
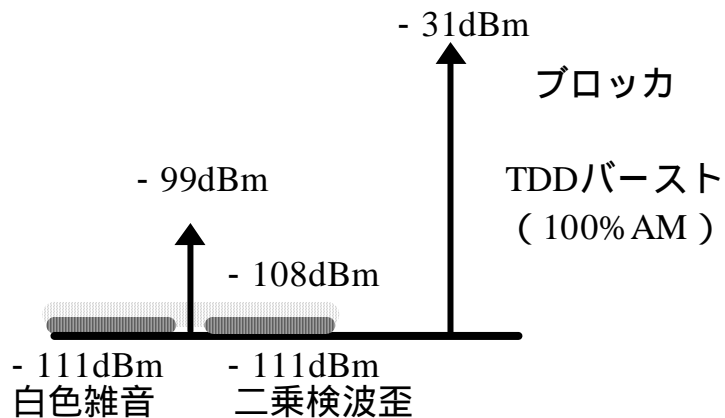
For Instructor

IIP₂に関する問題の解答

1. GSM受信機ミキサに要求するIIP₂を求めよ

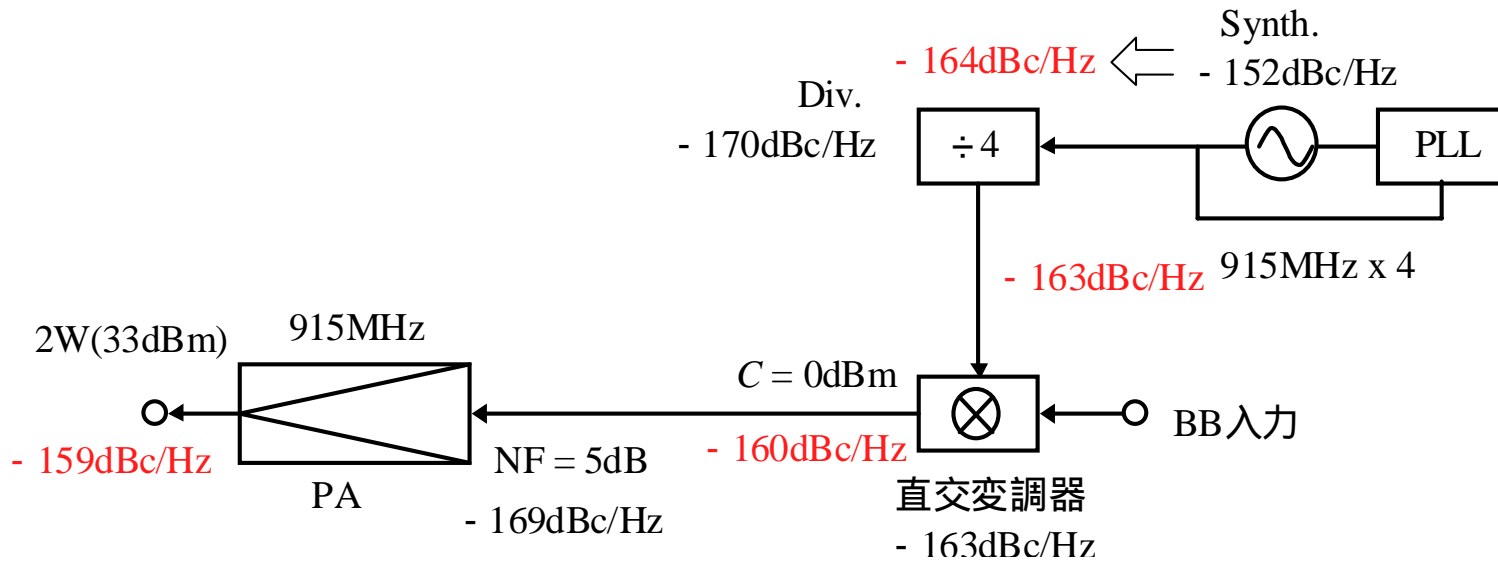
$$IIP_{2LNA} = -31 + (-31 - (-111)) = 49\text{dBm}$$

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



帯域外雑音

帯域外雑音問題の解答



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