

第3回 現代の無線通信機器の設計について

TDU



参考書
根日屋英之 塚本信夫 共著

講義資料は
<http://amplet.tokyo/tdu>
からダウンロードできます。

初版：2017年3月19日
更新：2017年6月27日

ユビキタス無線工学
担当：根日屋 英之

2017年4月20日

1

教科書

TDU

UNIPA または、<http://amplet.tokyo/tdu> から
ダウンロードしてください。



2017年4月20日

2

参考書

TDU



基本をおさえて無線工学
の基礎を理解する
高周波・無線教科書
(現在 第4版)

根日屋 英之 著
B5判 200ページ
定価2,600円(税抜)
JAN9784789815413
2008年4月1日発行

2017年4月20日

3

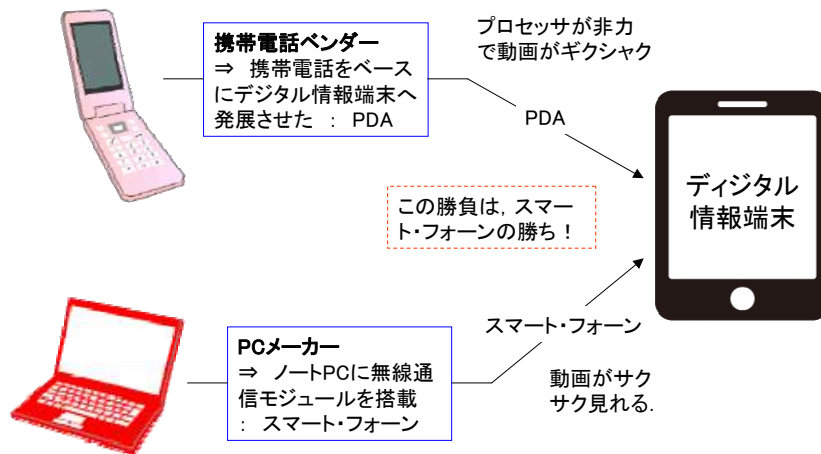
スマート・フォン
Vs.
PDA(Personal Digital Assistant)

2017年4月20日

4

スマート・フォン Vs. PDA の勝負は??

TDU



2017年4月20日

5

スマート・フォンの問題点

TDU

パソコンから進化したスマート・フォンは、情報量の多い動画などを見る人が多い。



回線容量が不足する。その対策は、

- ⇒ 通信速度に制限をかける。
- ⇒ 料金体系を定額制から従量制にする。

・ LTEは本当に必要か??



2017年4月20日

6

スマート・フォンがゲーム機に与える影響

TDU

スマート・フォン(携帯電話)で、ゲームができる。ゲーム機の売り上げが2008年をピークに、それ以降は落ちこんでいる。

ゲーム機メーカーの対応

- ・ 任天堂 ⇒ 「ニンテンドー3DS」を ¥10,000 値下げ
- ・ ソニー ⇒ 「プレイステーション3(PS3)」を ¥5,000 値下げ

しかし、値下げは本質的な対策にはならない。携帯電話で遊べるゲームと専用ゲーム機の差別化が必要。



Vs.



2017年4月20日

7

スマート・フォンの製造では

TDU

・ 従来の携帯電話に比べ、使用部品が高価・・・安価なスマート・フォン(販売価格は、当面、US\$130程度になる。大量生産になってもUS\$100程度で、現状のフューチャー・フォンの倍程度の価格となり、中国、中近東、アフリカなどの新興国向け市場への期待ができない)が作りにくく、高価な端末市場ではブランド力が影響する。ユーザーが期待するスマート・フォンとは、

- ・ パソコン並みの高機能 (700~800MHz動作のプロセッサ)
- ・ 多くのアプリケーションソフトに対応 (最低でも512MBのメモリ)
- ・ タッチ・パネルの速い反応
- ・ 高精度3型ディスプレイ
- ・ 200万画素のカメラの搭載

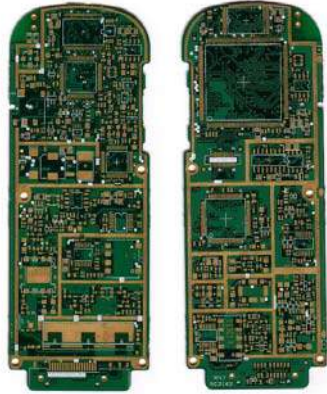


2017年4月20日

8

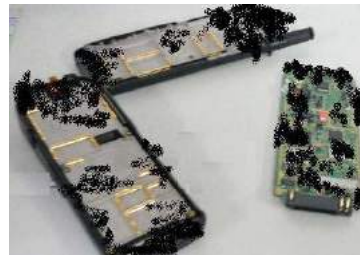
2G携帯電話(1990年代後半)

TDU



一部IC化されているが、個別部品をPCBで結線して機能を実現している。

小型化するために部品は両面実装している。

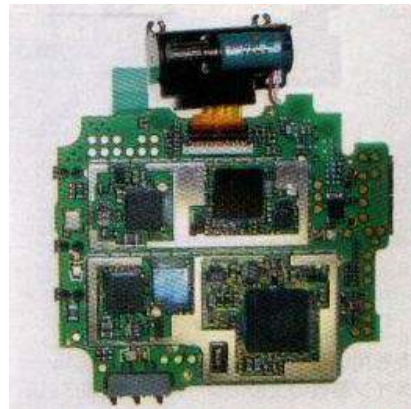


2017年4月20日

9

3G携帯電話(2007年のモデル)はほとんどIC化されてしまっている

TDU



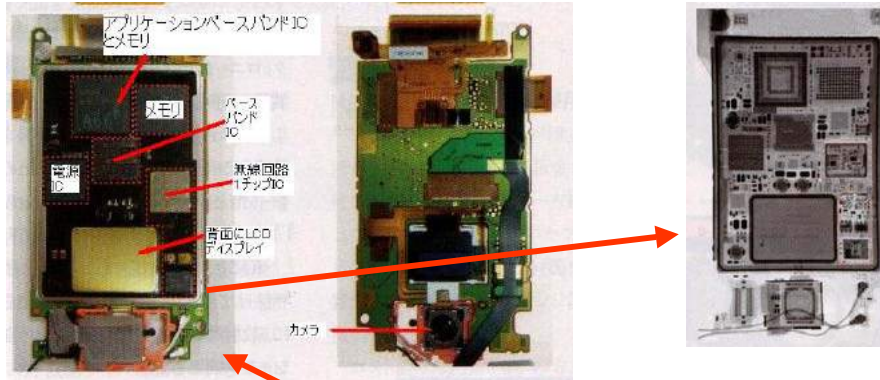
N703iu

2017年4月20日

10

3G携帯電話(2007年のモデル)は ほとんどIC化されてしまっている

TDU



P703iu

薄型とするために片面実装で、かつ、機能ごとにIC化されている。

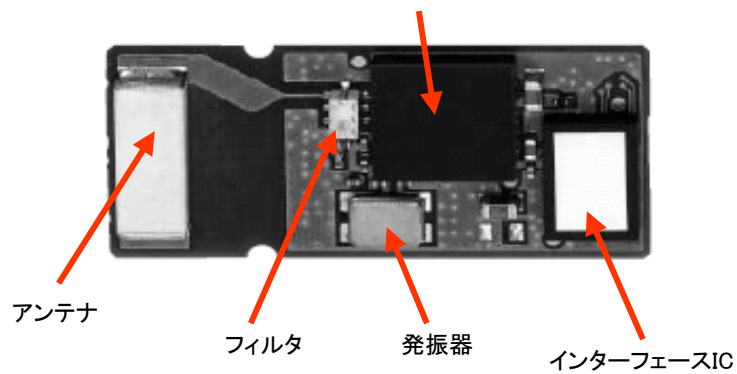
2017年4月20日

11

現代のワイヤレス製品

TDU

無線回路は
SoC (Single on Chip) の時代へ



2017年4月20日

12

2G 携帯電話の設計

2017年4月20日

13

無線通信機器は以下の電子回路で構成される

- ・ 増幅器
- ・ 乗算器 …… 周波数変換回路, 変調回路^(注1), 復調回路^(注2)
- ・ 発振回路
- ・ フィルタ
- ・ スイッチ回路 (送・受信切り替え回路など)
- ・ アンテナ

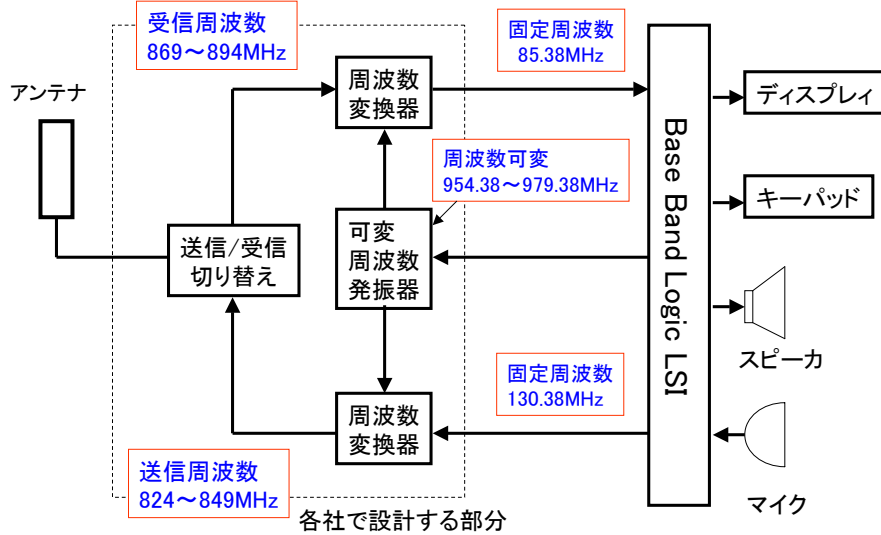
注記 : 現在, 変調回路^(注1), 復調回路^(注2)は, ソフトウェアで DSP (デジタル信号処理を行う部品 digital signal processor) や, 専用のLSI(大規模集積回路 large scale integration)で行っている. この回路をベースバンド回路 (base band circuit) という.

2017年4月20日

14

携帯電話の機能ブロック図

更新：2017年6月27日

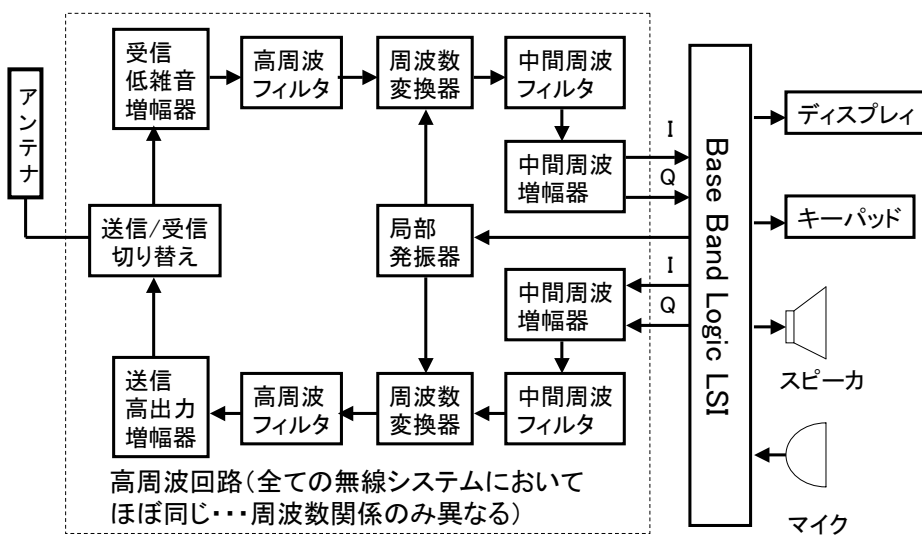


2017年4月20日

15

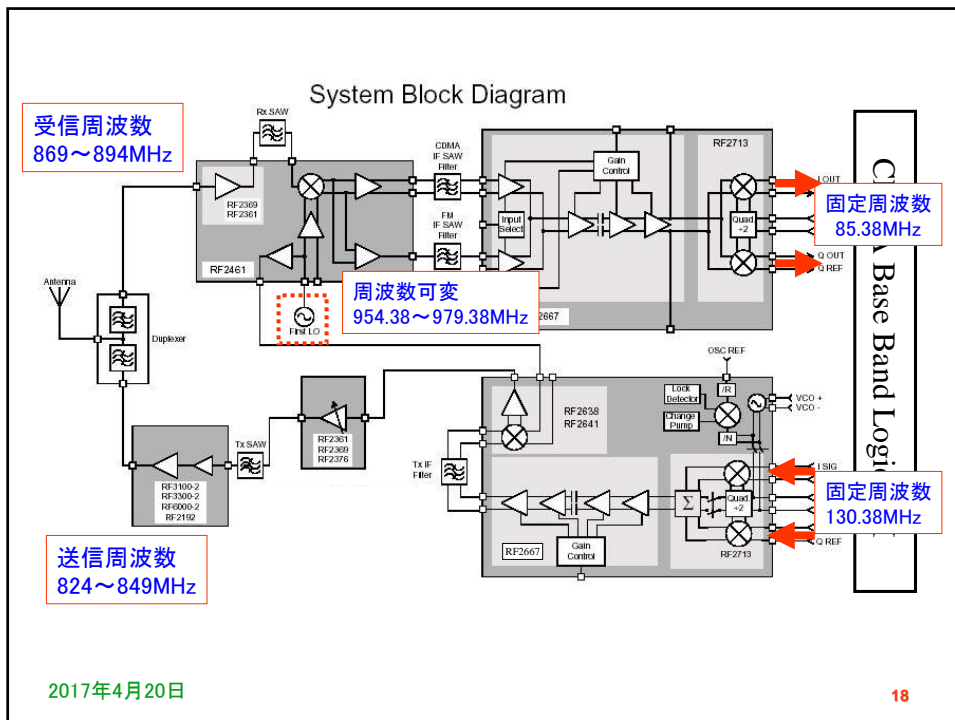
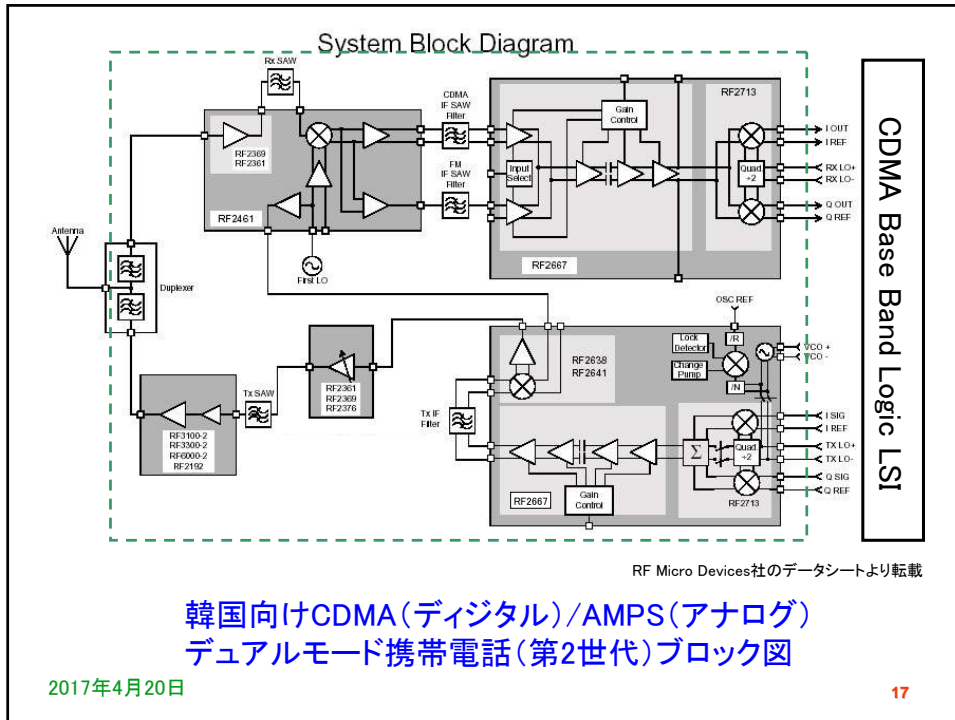
携帯電話の機能ブロック図

更新：2017年6月27日



2017年4月20日

16



System Block Diagram

CDMA Base Band Logic LSI

Qualcomm社のホームページより転載

CDMA Base Band Logic LSI (MSM6100)

2017年4月20日 19

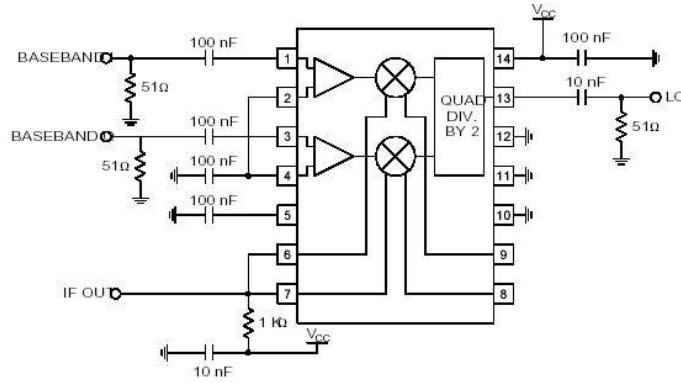
Application Schematic 836MHz

RF Micro Devices社のデータシートより転載

RF2641

2017年4月20日 20

Application Schematic - Modulator Configuration

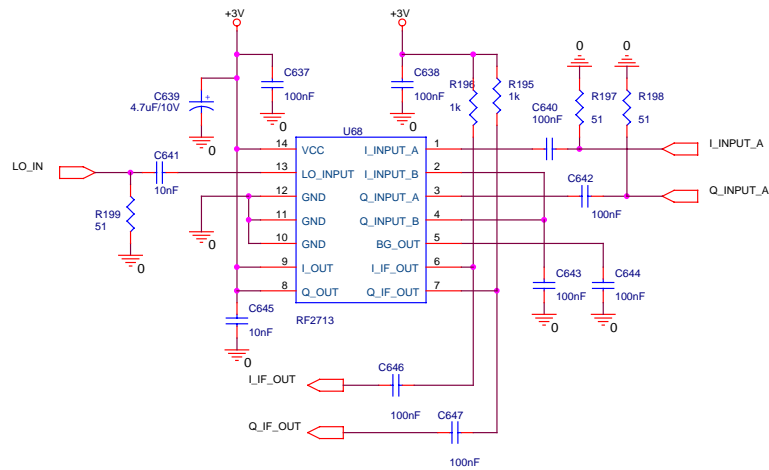


RF Micro Devices社のデータシートより転載

RF2713 (変調器)

2017年4月20日

21

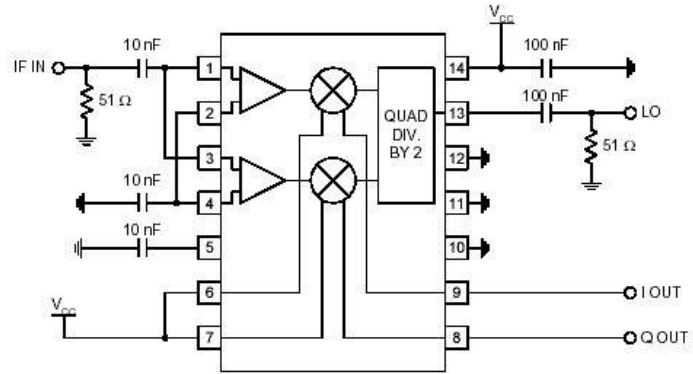


RF2713 (変調器)

2017年4月20日

22

Application Schematic - Demodulator Configuration

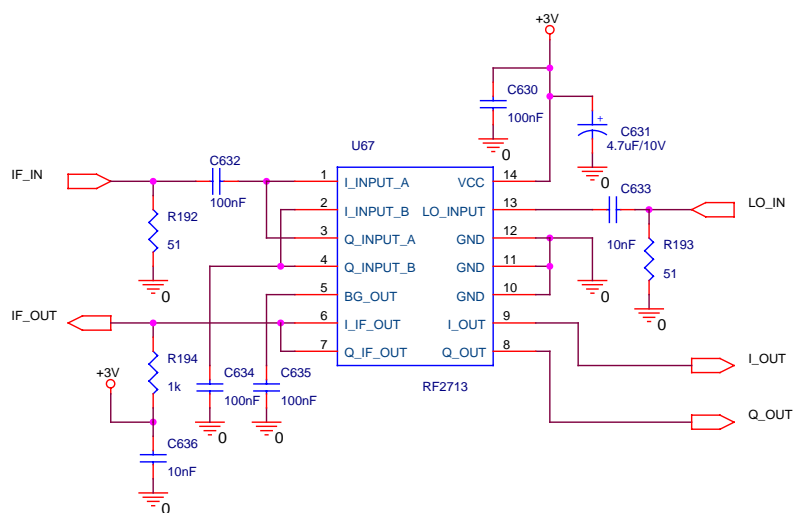


RF Micro Devices社のデータシートより転載

RF2713 (復調器)

2017年4月20日

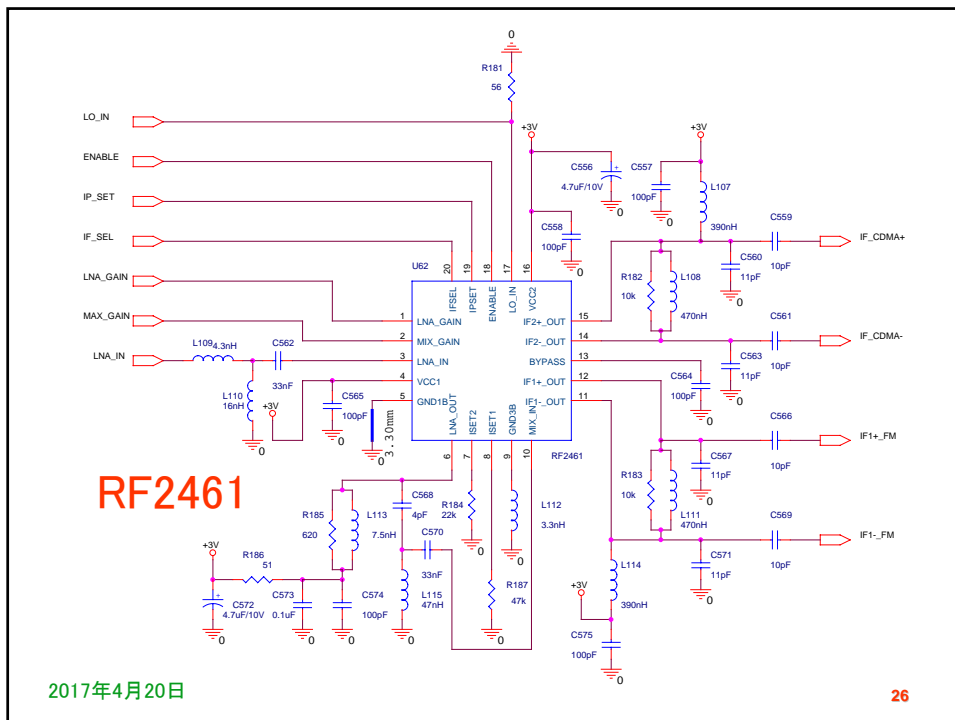
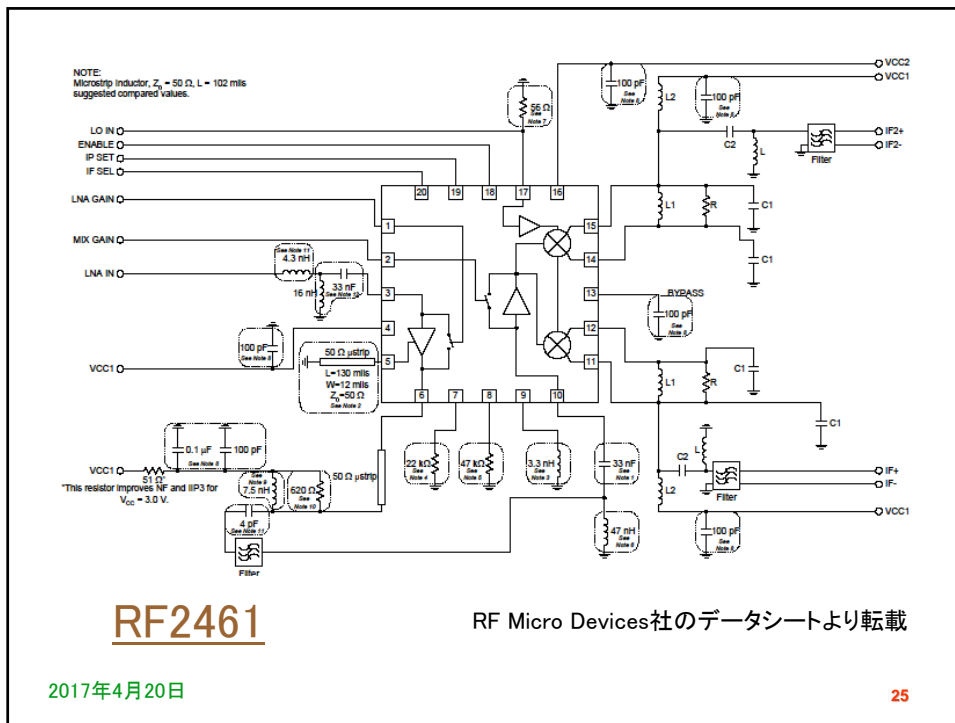
23

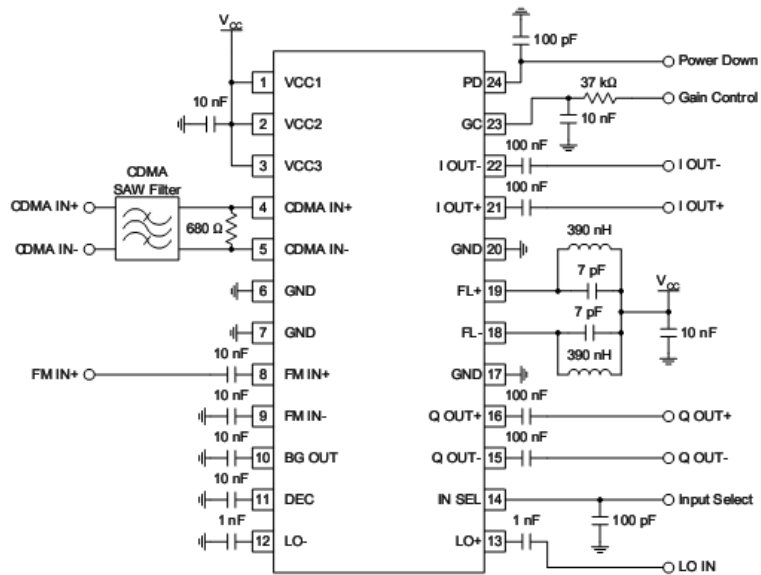


RF2713 (復調器)

2017年4月20日

24



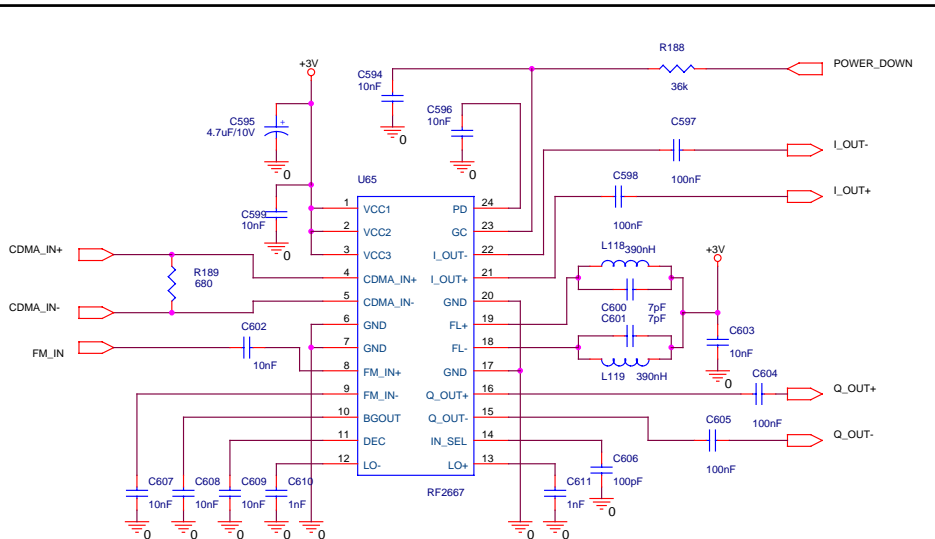


RF2667 (受信回路)

RF Micro Devices社のデータシートより転載

2017年4月20日

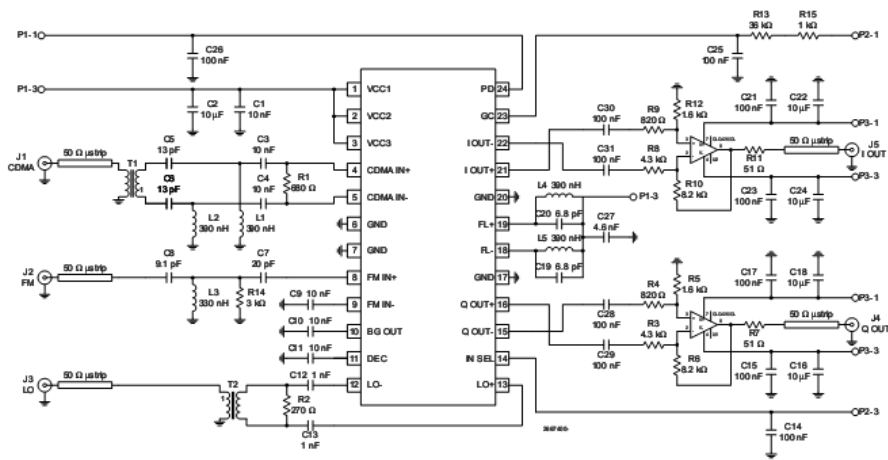
27



RF2667 (受信回路)

2017年4月20日

28

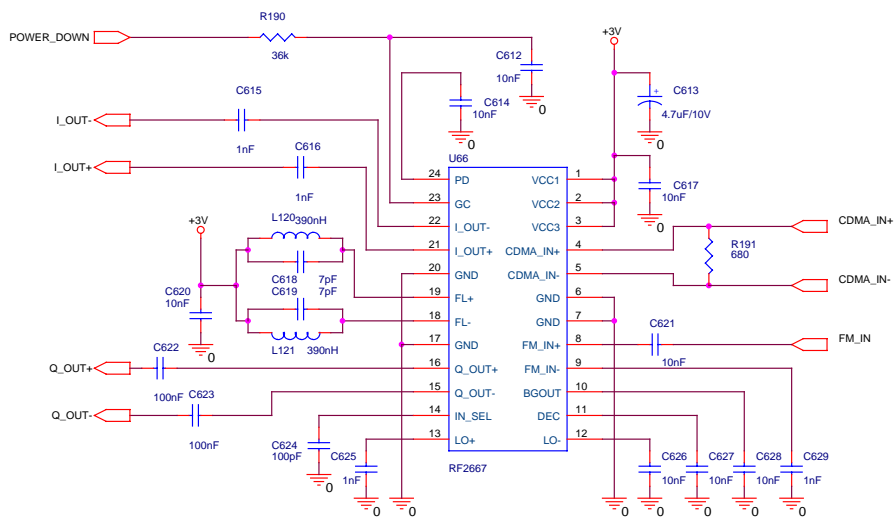


RF Micro Devices社のデータシートより転載

RF2667 (送信回路)

2017年4月20日

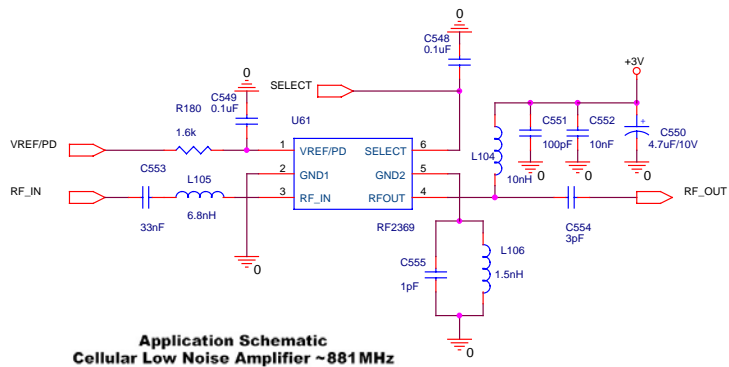
29



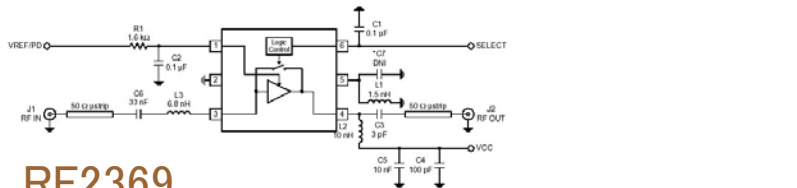
RF2667 (送信回路)

2017年4月20日

30



**Application Schematic
Cellular Low Noise Amplifier ~881 MHz**

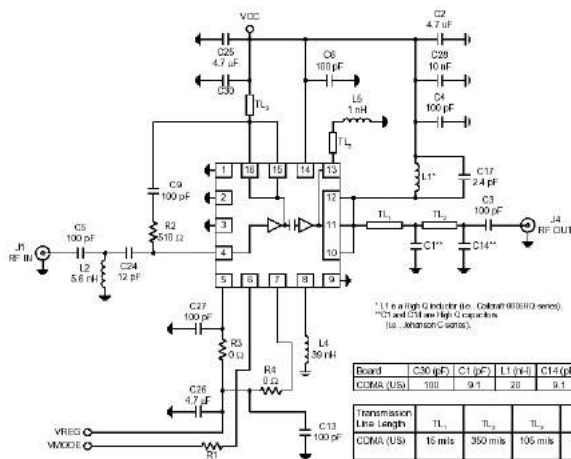


RF2369

RF Micro Devices社のデータシートより転載

2017年4月20日

31



* L1 is a high Q inductor (ie. Coilcraft 080502 series).
** C1 and C14 are high Q capacitors (ie. Avionics C series).

Board	C30 (pF)	C1 (pF)	L1 (nH)	C14 (pF)
CDMA (US)	100	9.1	20	9.1

Transmission Line Length	TL ₁	TL ₂	TL ₃	TL ₄
CDMA (US)	16 mils	350 mils	105 mils	86 mils

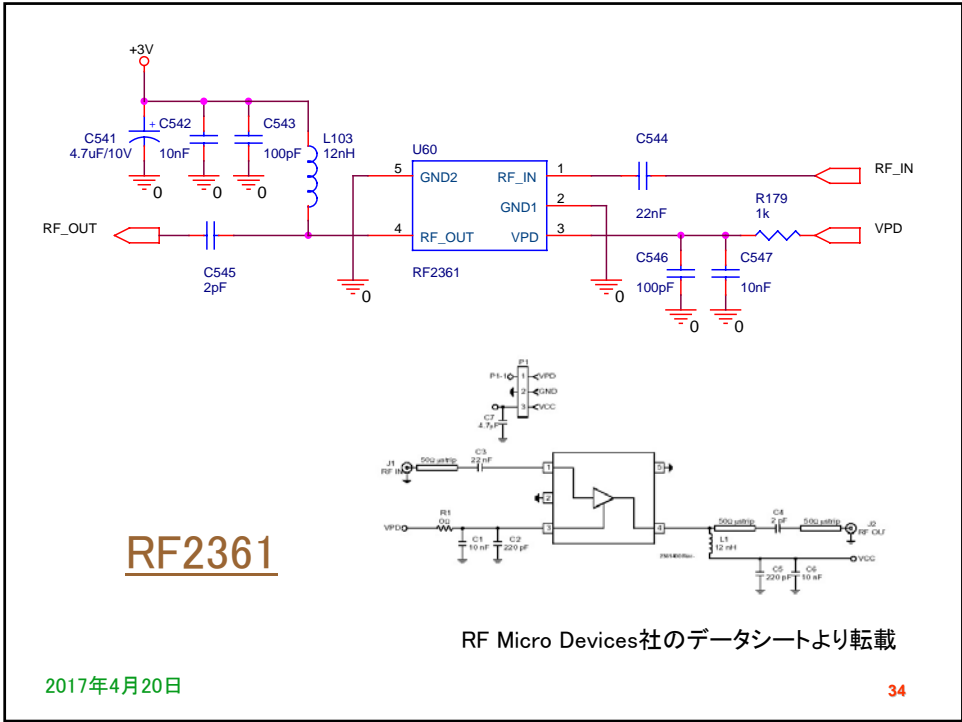
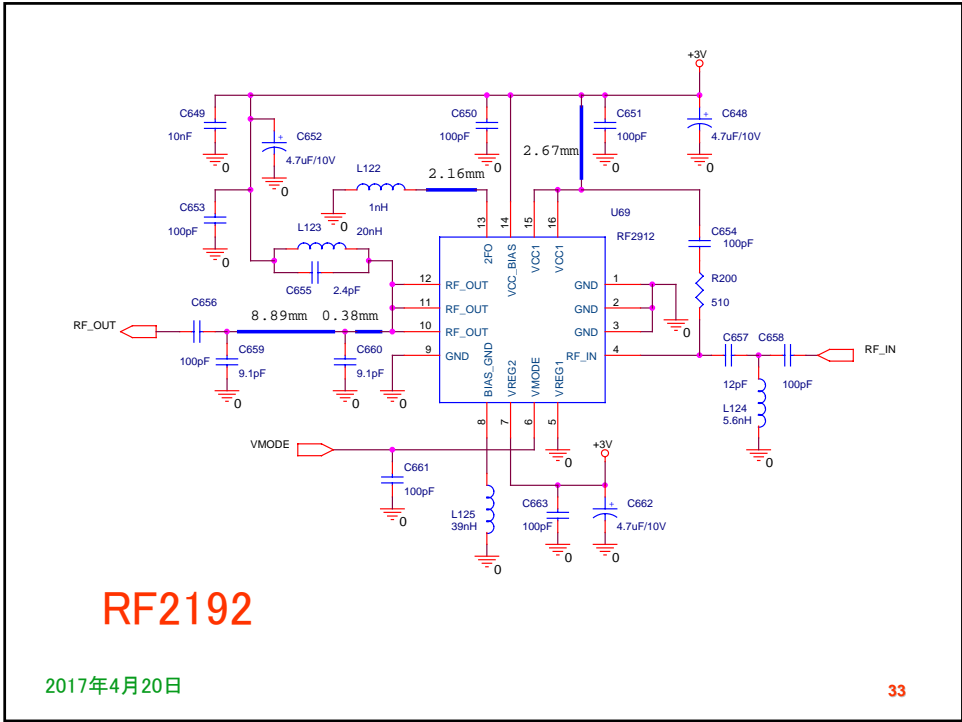
1 mil = 1/1000 inch = 0.0254 mm

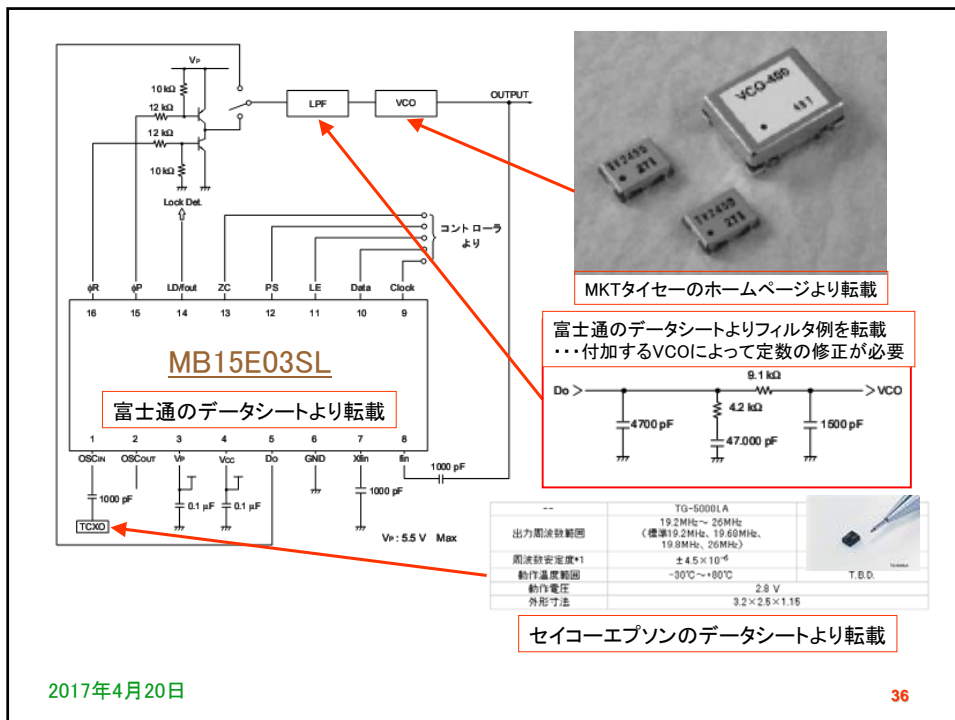
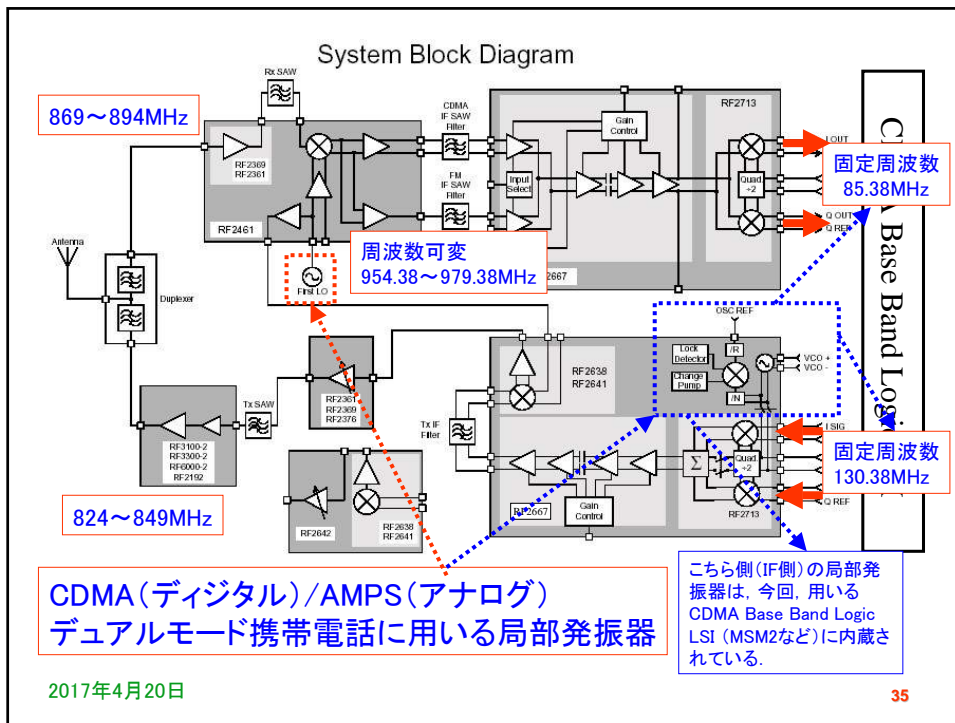
RF2192

RF Micro Devices社のデータシートより転載

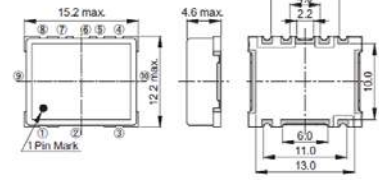
2017年4月20日

32

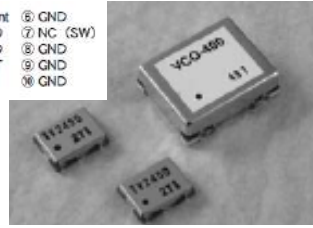




● VCO25 Series



- ① Vcont
- ② GND
- ③ GND
- ④ OUT
- ⑤ Vcc
- ⑥ GND
- ⑦ NC (SW)
- ⑧ GND
- ⑨ GND
- ⑩ GND



仕様 Specifications

製品番号 Style No.	周波数範囲 Frequency Range [MHz]	電源電圧 Power Supply Voltage [V]	コントロール 電圧範囲 Control Voltage Range [V]	出力レベル Power Output [dBm]	C/N [dBc/Hz]	負荷変動 Load Changes [kHz]	高調波 Harmonic [dBc]	消費電流 Supply Current [mA]
VCO25 Series	140~2500	5.0	1.0~4.5	-3~+3	120 min. (25kHz Offset)	500 max. (VSWR=2.0 Any Phase)	-10 max.	20 max.
VCO68 Series	2000~2600	3.0	0.5~2.5	-6 min.	100~110 (100kHz Offset)	3000 max. (VSWR=2.0 Any Phase)	-10 max.	15 max.

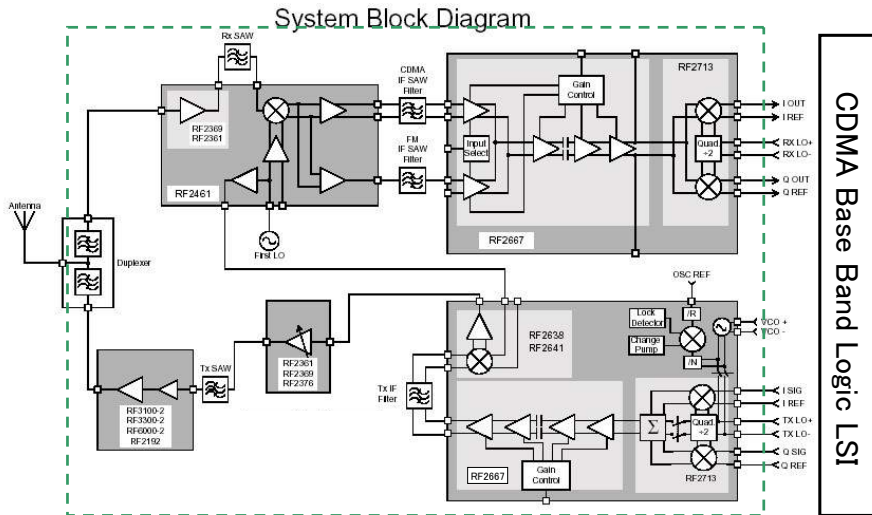
(Ta=25°C)

MKTタイセーのホームページより転載

VCO(電圧制御発振器)

2017年4月20日

37



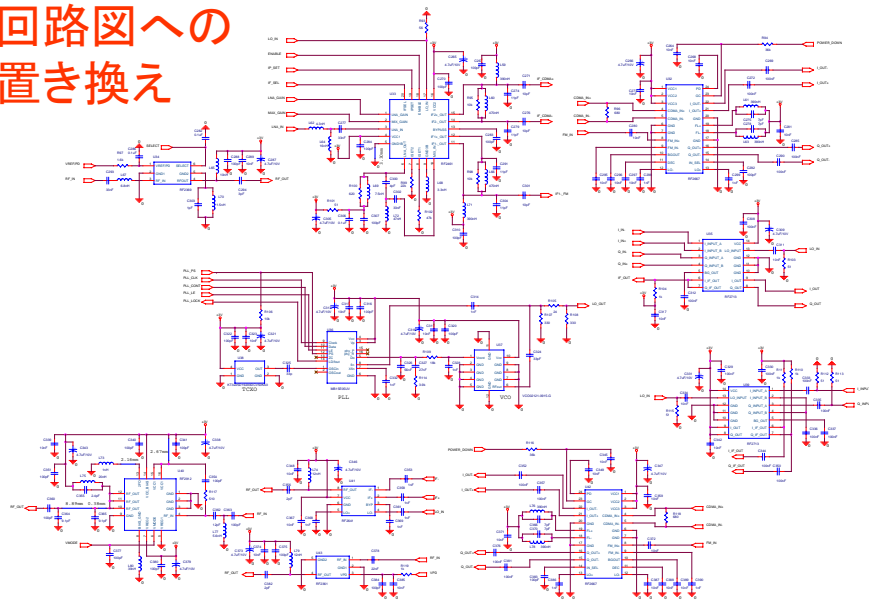
RF Micro Devices社のデータシートより転載

回路図への置き換え

2017年4月20日

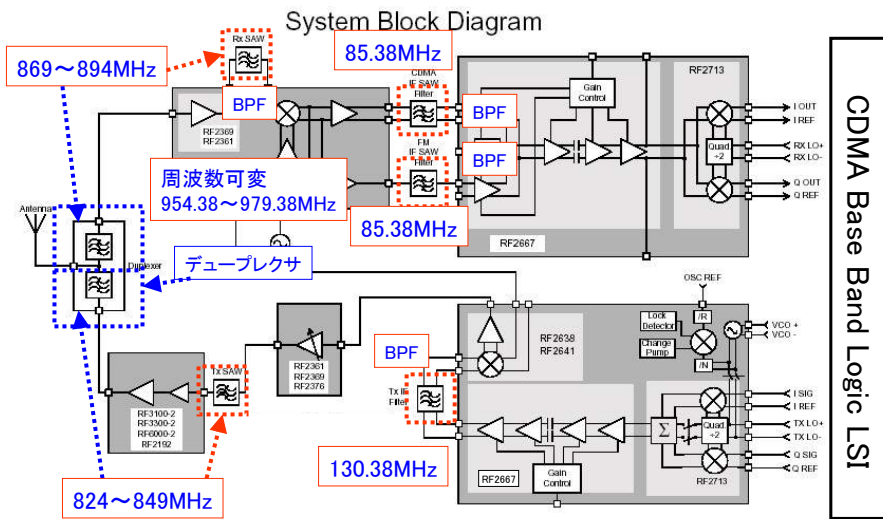
38

回路図への 置き換え



2017年4月20日

39



RF Micro Devices社のデータシートより転載

CDMA(デジタル)/AMPS(アナログ)デュアルモード
携帯電話(第2世代)用バンドパスフィルタ(BPF)/デュープレクサ

2017年4月20日

40

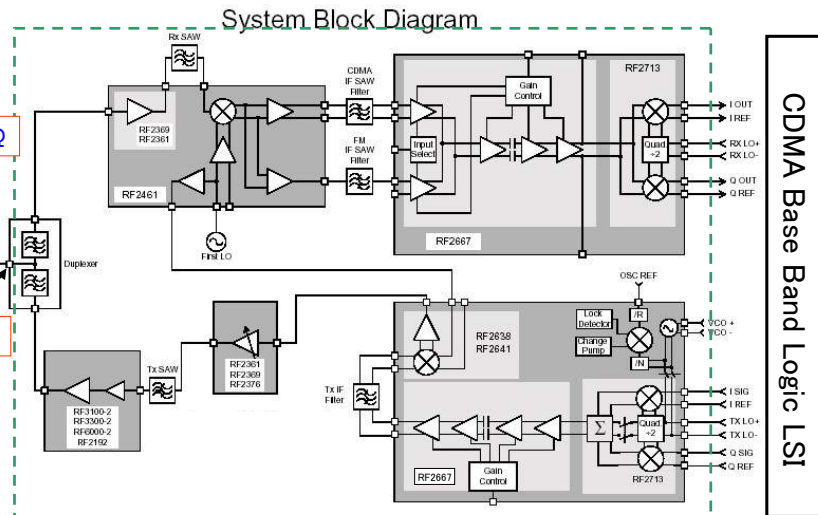
CDMA						
Category	Size (mm)	Pin	Type	Note	Part Number	PDF/Spec
SAW Filter	1.35x1.05x0.6	5pin	CDMA800/TDMA800/E-AMPS/GSM850 Tx	Unbalanced	SAFE836MAL0F00	(6.5KB)
			CDMA800/TDMA800/E-AMPS/GSM850 Rx	Balanced	SAFE881MFM0F00	(1.5KB)
			CDMA1900 Rx	Balanced	SAFE1G96FL0F00	(7.7KB)
	2.0x1.6x0.6	4pin	CDMA800/TDMA800/E-AMPS/GSM850 Tx	Unbalanced	SAFEF836MAL0F00	(5.5KB)
			CDMA1900 Rx	Unbalanced	SAFEF1G96K0F00	(5.6KB)
SAW Filter (Dual)	2.5x2.0x1.0	4pin	CDMA1900 Tx	Unbalanced	SAFSE1G88K0T00	(8.1KB)
	2.5x2.0x0.6	10pin	CDMA800/1900	Balanced, LH Type	SAWES881MCR0F00	(148KB)
	2.5x2.0x0.9	8pin	CDMA1900 Tx	Unbalanced	SAWTF1G86LA3T00	(127KB)
SAW Duplexer	3.0x2.5x0.8	9pin	CDMA800/TDMA800/E-AMPS/GSM850	-	SAYZW836MAA0F00	(167KB)
			CDMA800/TDMA800/E-AMPS/GSM850	-	SAYZW836MAF0F00	(166KB)
	3.8x3.8x1.2	12pin	CDMA800/TDMA800/E-AMPS/GSM850	-	SAYDV836MAB0F00	(175KB)
	5.0x5.0x1.7	12pin	CDMA1900	-	SAYHP1G88ED0F00	(208KB)
Chip Multilayer Diplexer	2.0x1.25x1.05	6pin	CDMA	800/1900MHz	LFD21859MDP1A049	
			CDMA	800/1900MHz	LFD21859MDP2A076	
Chip Multilayer Hybrid Coupler	2.0x1.25x1.05	6pin	CDMA Tx	20dB	LDC211G8820B-042	
			CDMA Tx	10dB	LDC21836M10B-028	
			CDMA Tx	20dB	LDC21836M20B-027	
			CDMA Tx	Divider	LDD211G7503A-067	
			CDMA Tx	Divider	LDD21967M03A-068	
			3.2x2.5x1.0	6pin	CDMA Tx	3dB

バンドパスフィルタ
デュプレクサ

村田製作所のホームページより転載

2017年4月20日

41



RF Micro Devices社のデータシートより転載

アンテナインピーダンス整合回路

2017年4月20日

42

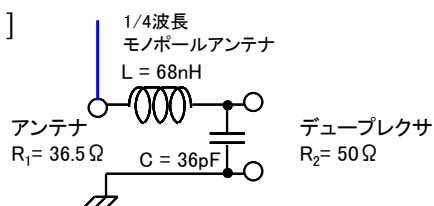
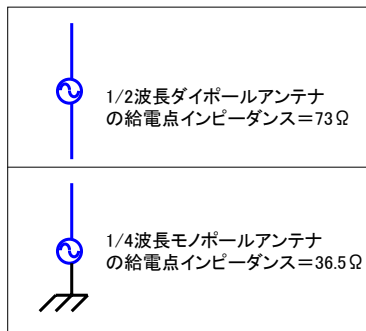
36.5 Ω ⇔ 50 Ω アンテナインピーダンス整合回路

アンテナを通過する信号の周波数は、824 ~ 894MHzなので、その帯域幅は70MHz、中心周波数は859MHzである。このQ値は、 $Q = \text{中心周波数} \div \text{帯域幅} = 859 \div 70 = 12.3$ となる。しかし、部品の安定度などを考慮し、 $Q < 10$ としたいので、

$$Q = 10$$

$$C = \frac{1}{2\pi R_2} \times Q = \frac{1}{2\pi(859 \times 10^6)} \times 10 = 37 [pF] \Rightarrow 36 [pF]$$

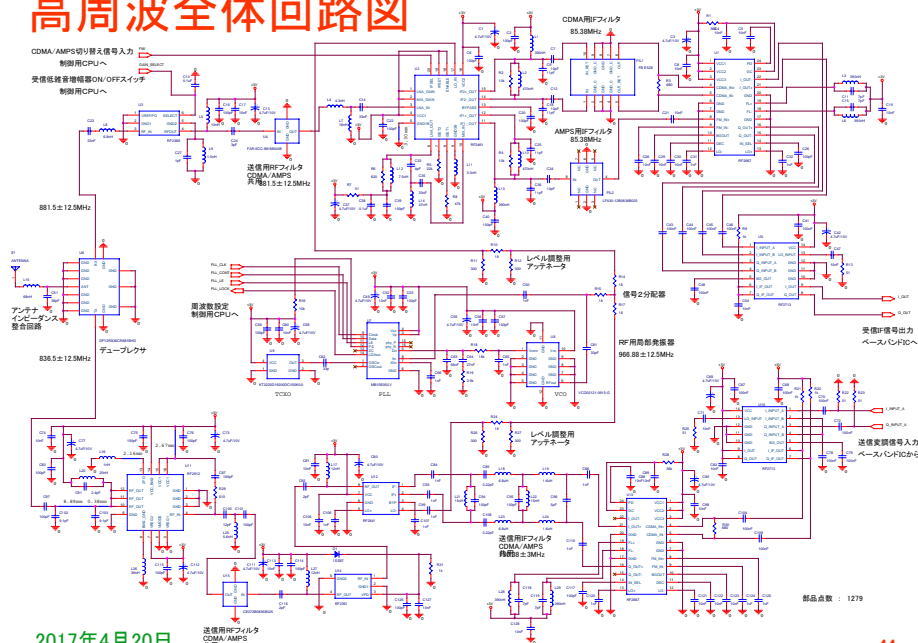
$$L = \frac{R_1}{2\pi f} \times Q = \frac{36.5}{2\pi(859 \times 10^6)} \times 10 = 68 [nH]$$



2017年4月20日

43

高周波全体回路図



2017年4月20日

44

EMC対策 …基板設計における 最先端設計手法の紹介

2017年4月20日

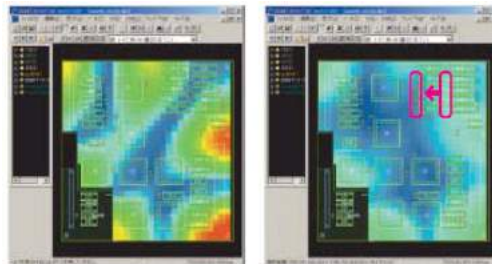
45

プリント基板設計支援 シミュレーション (EMI対策)

TDU

共振解析

不要電磁放射の増大を招く、電源-GNDプレーン間の共振の大きさ・電圧バウンス分布を基板上にグラデーション表示。キャパシタの配置位置変更/追加/削除した場合の、高調波周波数まで含めた共振状態が一目で確認できます。ノイズ発生源を指摘・対策することができます。コンデンサの配置、容量、個数を最適にするためにシミュレーションをおこない、EMIノイズ対策を実現することができます。



日本電気株式会社 不要電磁波妨害対策ツール DEMITASNX

<http://www.giga-hz.co.jp/product.html> より転載

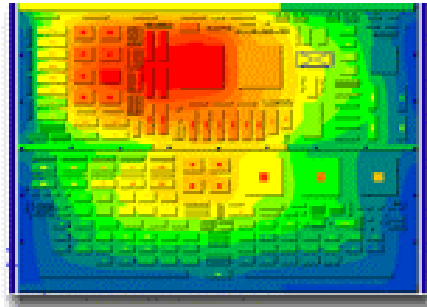
2017年4月20日

46

プリント基板設計支援 シミュレーション（放熱対策）

TDU

HyperLynx PCB熱解析ツールは、
片面につき最大3,000個までの部品
をモデル化し、伝導、対流、放射を考
慮した熱解析を行います。



<http://www.mentorg.co.jp/products/pcb-system-design/circuit-simulation/hyperlynx-thermal.html> より転載

メンター・グラフィックス・ジャパン株式会社
PCB設計ソフトウェア & ツール HyperLynx Thermal

2017年4月20日

47

[参考]

無線機設計で行うこと

- ① 仕様から機能ブロック図を書く.
- ② 部品の選択
- ③ インピーダンス整合回路の設計
- ④ 購入できない機能の回路設計

2017年4月20日

48

64MHz to 1,700MHz Software Defined Radio

TDU



最近のSDRの一例。USBメモリのような大きさの dongle に RF 回路、I/Q 変換、AD コンバータなど全てが含まれている。Elonics 社の E4000 チューナチップを使用。

<http://www.funcubedongle.com/> より転載

FUNcube Dongle Frequency Control

956500 kHz

Frequency correction: 999885 0/000,000

HIDOpen of Vid_04d8\Fid_1b56 returns 0
Error, FCD not found: is FCD correctly installed?

Set frequency
Exit
Reset to bootloader

LNA Gain	RF Filter	Mixer gain	Mixer filter	IF gain 1	IF RC filter	IF gain 2	IF gain 3	IF gain 4	IF filter	IF gain 5	IF gain 6
+20.0dB	405MHz BPF	4dB	27MHz	-3dB	21.4MHz	0dB	0dB	0dB	5.50MHz	+3dB	+3dB

LNA enhance: Off
Band: UHF
Bias current: 00 L band
IF gain mode: Linearity

Defaults Read device Write device

2017年4月20日

49

SoC を用いた無線機的设计

2017年4月20日

50

SoC を用いた無線機の設計

TDU

ビジネスを加速させるための取り組み

- ・ ハードウェアは、プリント基板上に SoC ワイヤレスチップを実装するだけ.
- ・ アプリケーション・プロファイルを用途ごとに準備し、無償でファームウェアを業界団体がメーカーに供与
- ・ ICチップセットが早い時期から充実



写真は、http://www.smk.co.jp/news/press_release/2011/936rd/ より転載

2017年4月20日

51