

第14回 設計演習

TDU



参考書
根日屋英之 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15日
更新：2017年7月13日

ユビキタス無線工学
担当：根日屋 英之

2017年7月13日

1

2017年度前期 ユビキタス無線工学 課題問題

更新：2017年6月15日

TDU

人類の歴史では、技術の進化によって人が仕事を奪われる現実が繰り返されてきた。18～19世紀の産業革命では、機械化によって多くの人が失業した。また、1960年代の工場のオートメーション化でも、多くの労働者が職を失った。

野村総研の試算によると、国内の601種類の職業の49%が10～20年のうちにAIやロボットで置き換わる可能性があるとのこと。

今までの産業の変革と異なり、AIは考える動作が入ってくる。しかし、人の全人格をAIに置き換えるべきではないということを、これからの技術者は主張していかなければならない。

将来、人が心の底から幸福だと感じられる世の中を実現するために、諸君が考える今後の技術者のあるべき姿を述べよ。

[注記] 試験当日は、配布資料の持込を可能としますが、試験の公平性を保つため、本課題問題の解答を事前に配布資料に記載しないで、試験当日に、みなさんの頭の中での考えを答案用紙に記載するようにお願いします。ただし、試験当日に持ち込める資料にキーワード程度の記載は容認します。

2017年7月13日

2

現在のワイヤレス機器

2017年7月13日

3

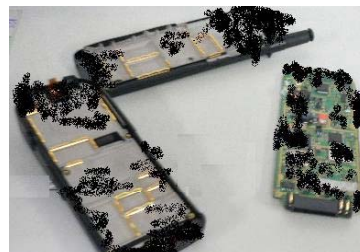
2G携帯電話(1990年代後半)

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。



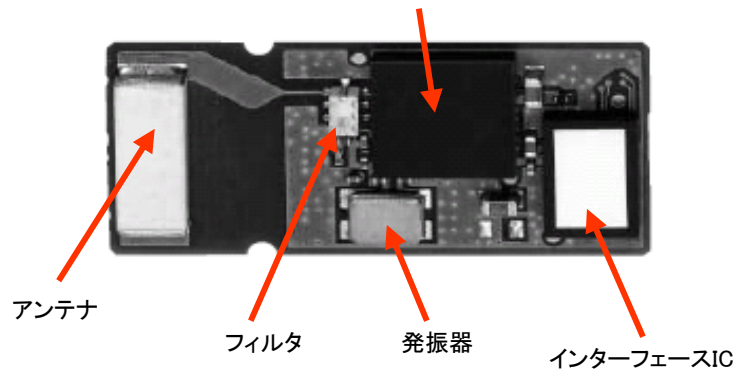
2017年7月13日

4

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7月13日

5

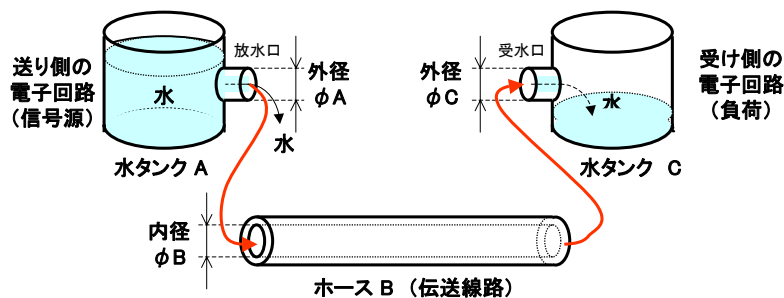
インピーダンスの意味するものは

2017年7月13日

6

電気信号の流れは水の流れて考える

TDU



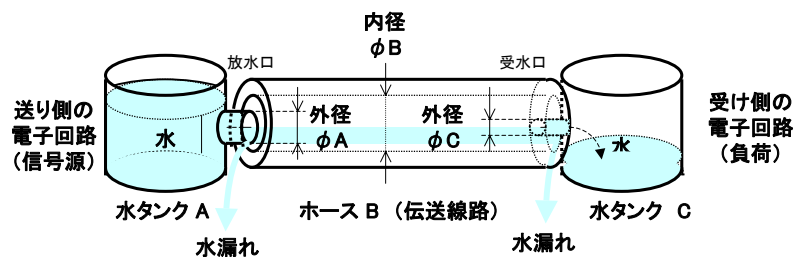
水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A = \phi B = \phi C$ であれば、水は途中で漏れることなく、水タンク A から水タンク C へ送ることができる。この ϕA 、 ϕB 、 ϕC の外径や内径の概念を、電子回路ではインピーダンスと考える。

2017年7月13日

7

ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは

TDU



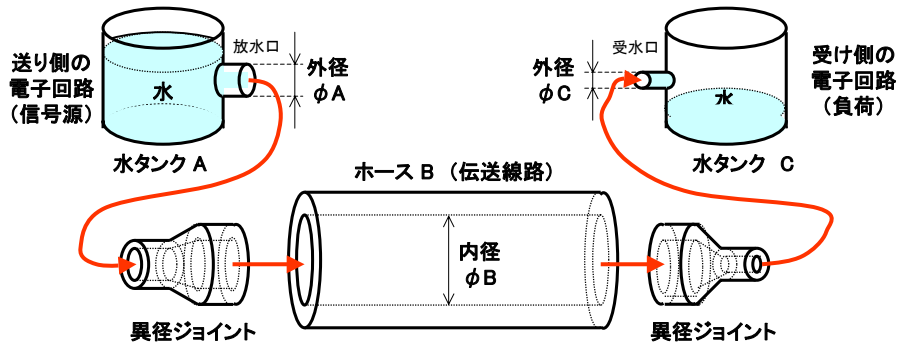
水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A \neq \phi B$ 、 $\phi B \neq \phi C$ であると、水はタンクとホースのつなぎ目から水が漏れる。電子回路ではこの概念をインピーダンスの不整合といい、インピーダンスの不整合が起こっている箇所では電気信号が一部、反射を起こす。

2017年7月13日

8

ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは、異径ジョイントを入れる

TDU



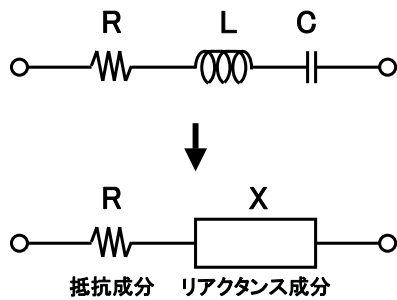
ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは、異径ジョイントを入れる。
この異径ジョイントを入れることは、電子回路ではインピーダンス整合回路を入れることになる。

2017年7月13日

9

改めて、インピーダンスとは

TDU



全ての電子回路はR, L, C
の直列回路の等価回路で表
され、

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

$$= R + jX$$

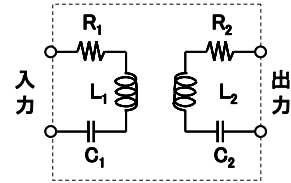
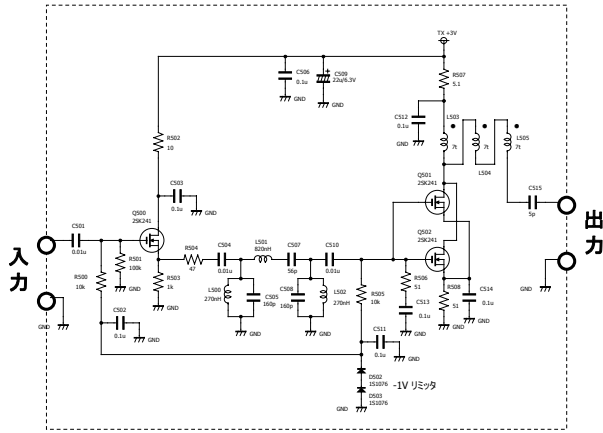
与えられるZをインピー
ダンスという。ここで、 ω は角速
度(各周波数)で、fを周波数
とすると、 $\omega = 2\pi f$ となる。

2017年7月13日

10

どんな電子回路もインピーダンスで表される

TDU



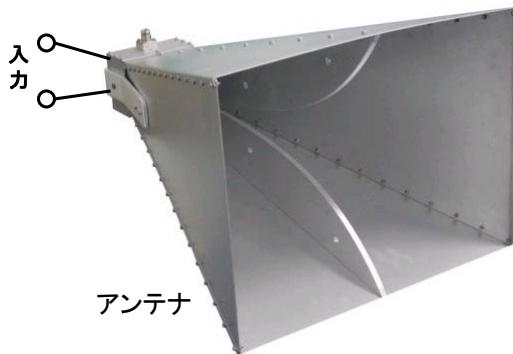
等価回路

2017年7月13日

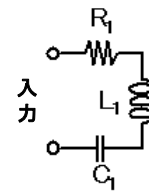
11

どんな電子回路もインピーダンスで表される

TDU



アンテナ



等価回路

2017年7月13日

12

リアクタンス成分のキャンセル方法
アンテナ … 3.28MHz に共振させる

TDU



送信機の出カインピーダンス : 50Ω

アンテナの入カインピーダンス : 50Ωにしたい

2017年7月13日

13

単に「インピーダンスは * Ω」と書かれているときは, $Z=R$ を示す.

このとき, すでに, その回路(アンテナ)は目的周波数で共振(リアクタンス成分はゼロ $\rightarrow jX=0$)していて, $Z=R$ (抵抗成分のみ)のこと.

2017年7月13日

14

インピーダンス整合回路の設計手順

2017年7月13日

15

インピーダンス整合回路の設計

Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする.

Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.

Step 3 : 帯域補正をする.

2017年7月13日

16

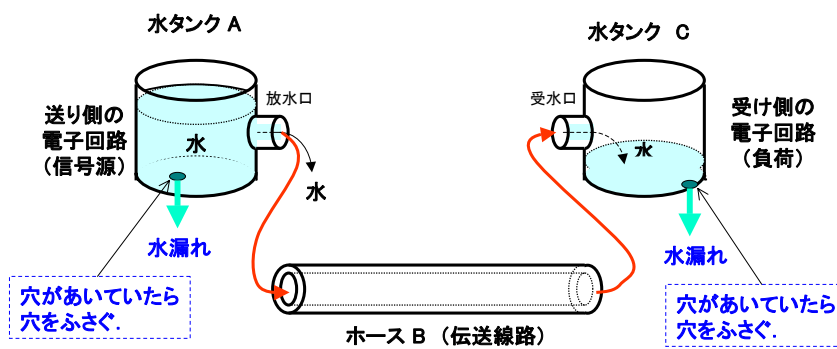
インピーダンス整合回路の設計 (Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする.)

2017年7月13日

17

Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする.

TDU

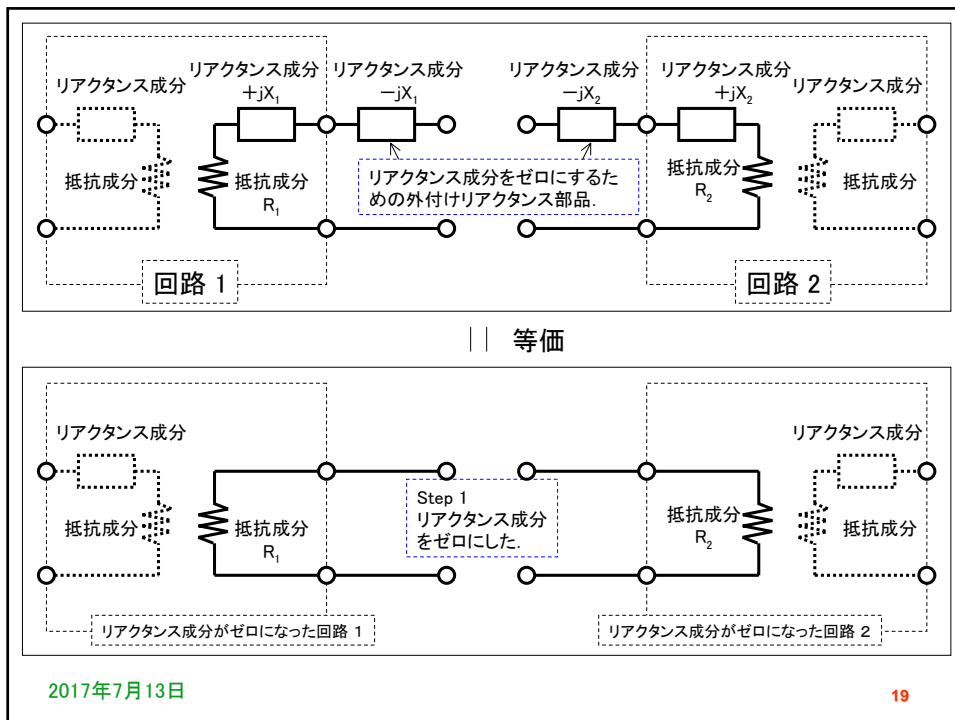


$Z=R+jX$ のリアクタンス成分 (jX) をゼロにするということは・・・

もし、水タンク A、水タンク C に穴が開いていたら → 穴をふさぎ、水漏れを防ぐ。

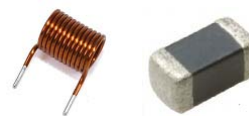
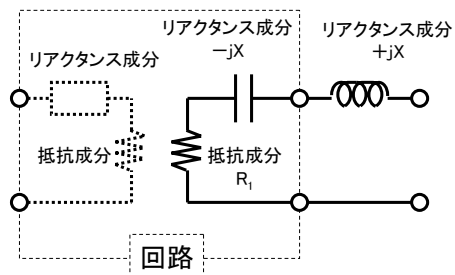
2017年7月13日

18





「-」と「+」のリアクタンス

TDU



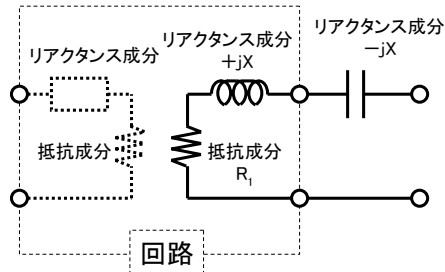
インダクタンス (コイル)

「-」のリアクタンス $-jX$ は、キャパシタンス(コンデンサ)  を示す.


「+」のリアクタンス $+jX$ は、インダクタンス(コイル)  を示す


「+」と「-」のリアクタンス

TDU



キャパシタンス (コンデンサ)

「+」のリアクタンス $+jX$ は、インダクタンス(コイル)  を示す.

「-」のリアクタンス $-jX$ は、キャパシタンス(コンデンサ)  を示す.

2017年7月13日

21

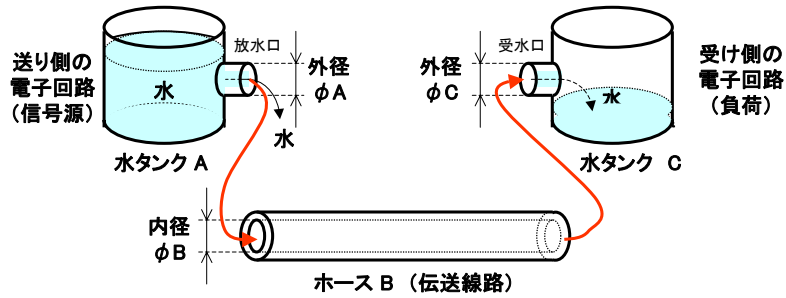
インピーダンス整合回路の設計 (Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.)

2017年7月13日

22

Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.

TDU



$Z=R+jX$ の抵抗成分(R)は、図中の 外径 φA, 内径 φB, 外径 φC に相当し、抵抗成分をうまく接続するということは ...

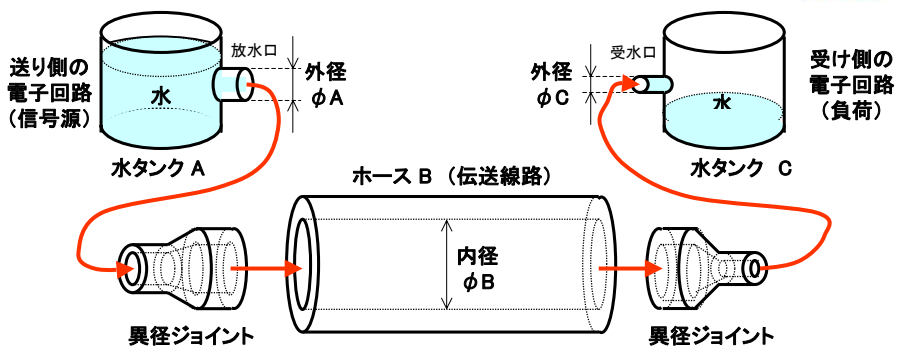
もし、外径 φA, 内径 φB, 外径 φC が等しければ → それらをただ接続すればよい。

2017年7月13日

23

Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.

TDU



$Z=R+jX$ の抵抗成分(R)は、図中の 外径 φA, 内径 φB, 外径 φC に相当し、抵抗成分をうまく接続するということは ...

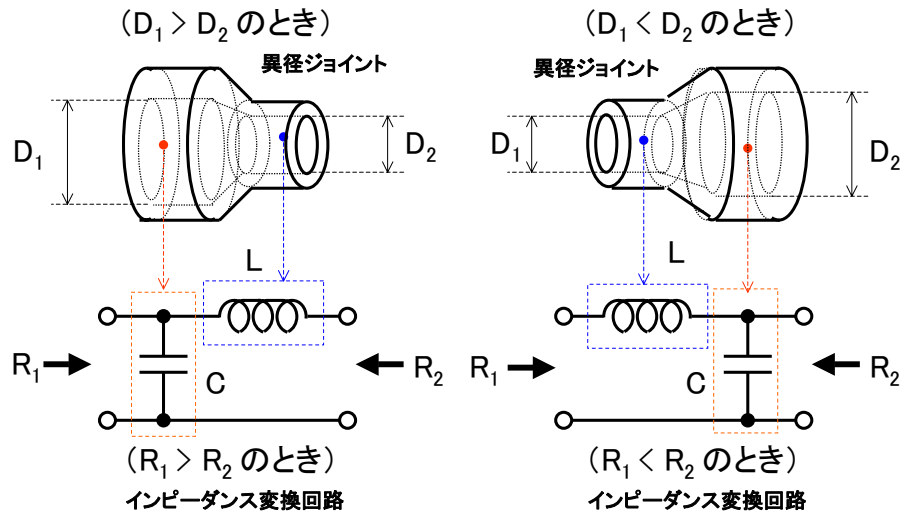
もし、外径 φA, 内径 φB, 外径 φC が異なれば → それらを異径ジョイントを介して接続する。

2017年7月13日

24

異径ジョイントと電子回路の関係

TDU

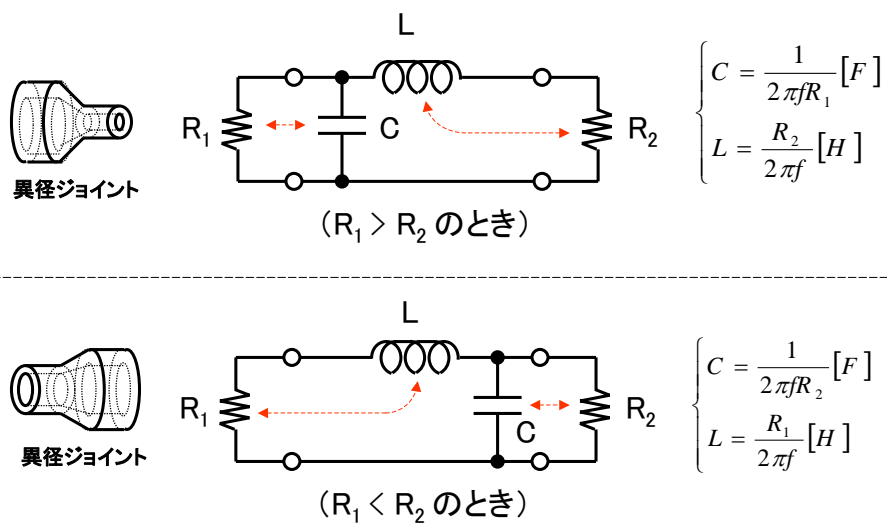


2017年7月13日

25

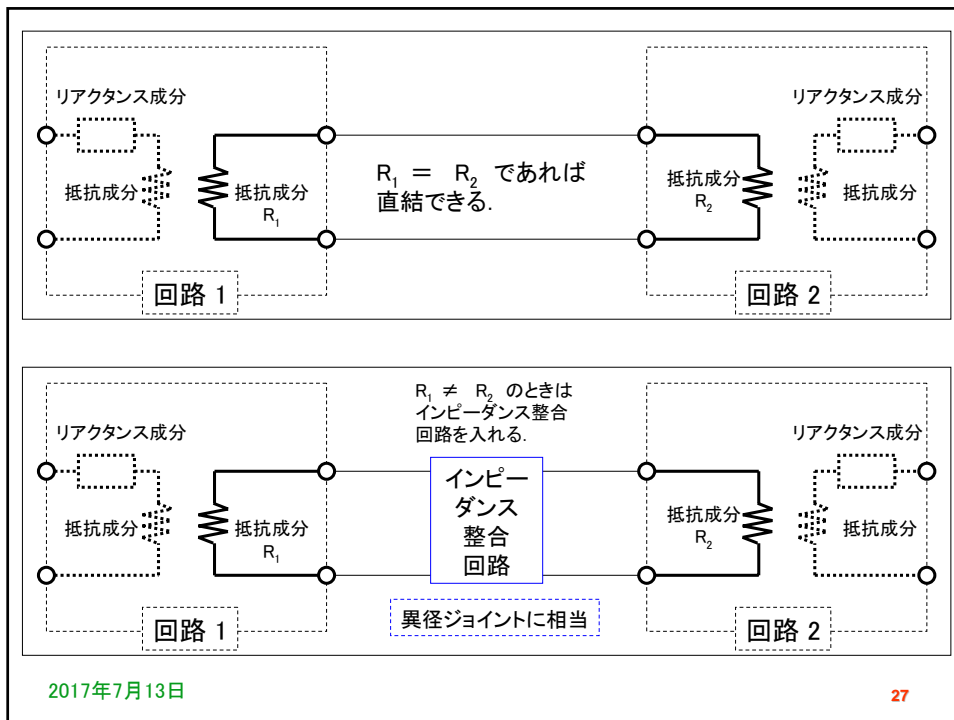
周波数 f におけるL型インピーダンス整合回路

TDU



2017年7月13日

26



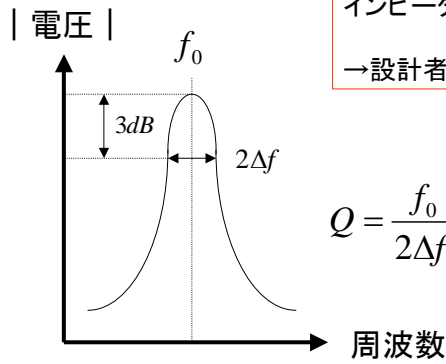
インピーダンス整合回路の設計 (Step 3 : 帯域補正をする.)

2017年7月13日

28

共振回路のQとは

TDU

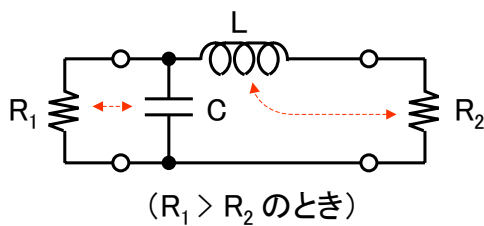


2017年7月13日

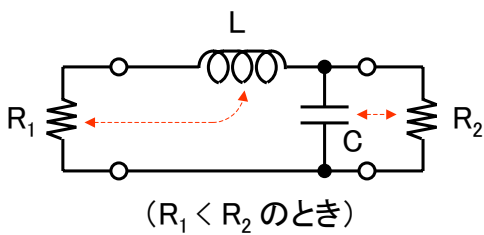
29

帯域幅をもたせたL型インピーダンス整合回路

TDU



$$\begin{cases} C = \frac{1}{2\pi f R_1} \times Q = \frac{Q}{2\pi f R_1} [F] \\ L = \frac{R_2}{2\pi f} \times Q = \frac{R_2 Q}{2\pi f} [H] \end{cases}$$



$$\begin{cases} C = \frac{1}{2\pi f R_2} \times Q = \frac{Q}{2\pi f R_2} [F] \\ L = \frac{R_1}{2\pi f} \times Q = \frac{R_1 Q}{2\pi f} [H] \end{cases}$$

2017年7月13日

30

設計演習

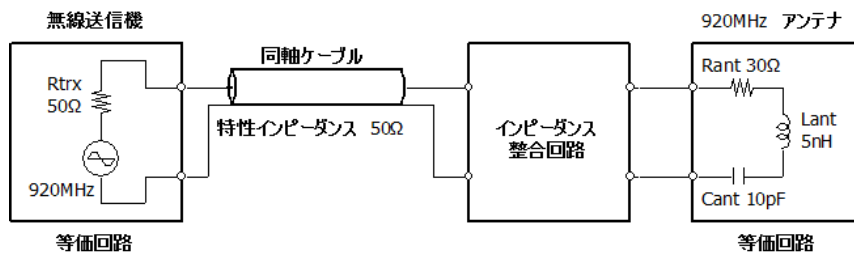
2017年7月13日

31

インピーダンス整合回路を設計せよ

TDU

更新：2017年7月13日



2017年7月13日

32

インピーダンス整合回路の設計 (Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする.)

2017年7月13日

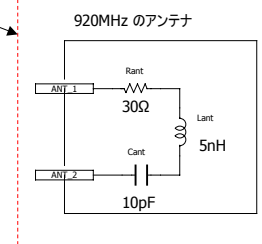
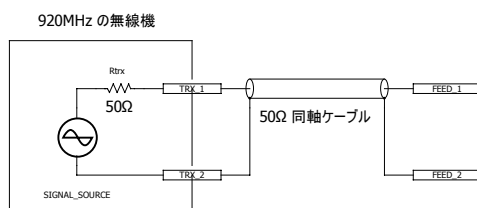
33

Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする

TDU



920MHzのアンテナには
リアクタンス成分がある.

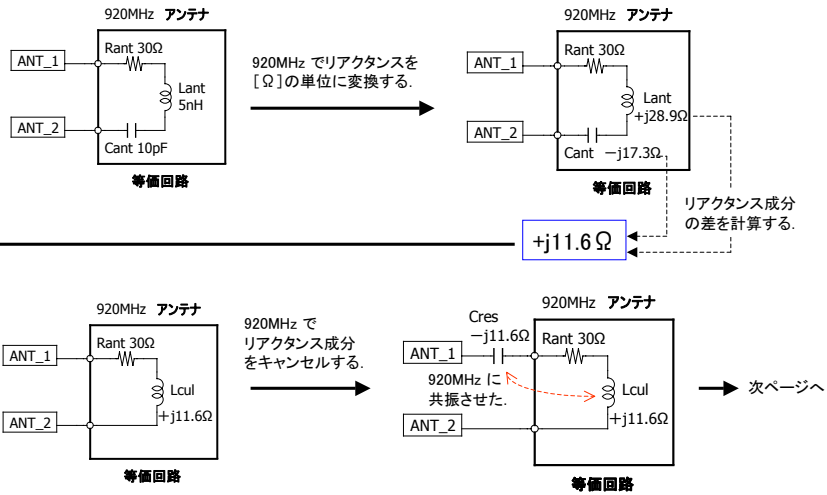


2017年7月13日

34

Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする

TDU

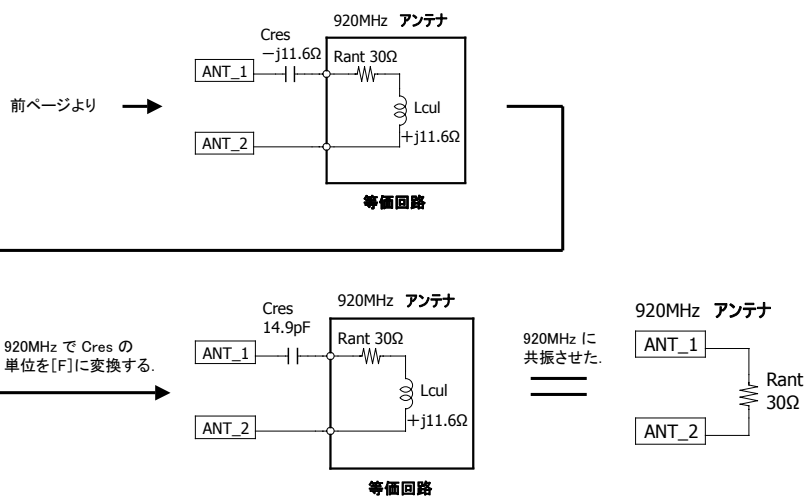


2017年7月13日

35

Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする

TDU



2017年7月13日

36

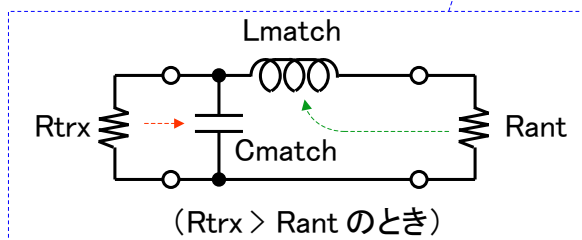
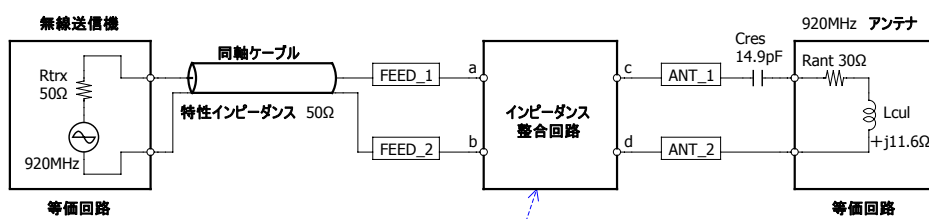
インピーダンス整合回路の設計 (Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.)

2017年7月13日

37

Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する

TDU

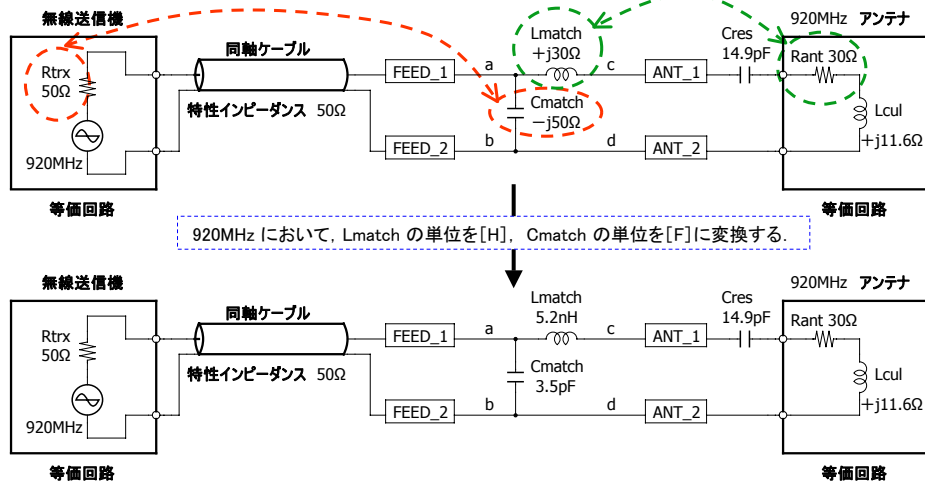


2017年7月13日

38

Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する

TDU



2017年7月13日

39

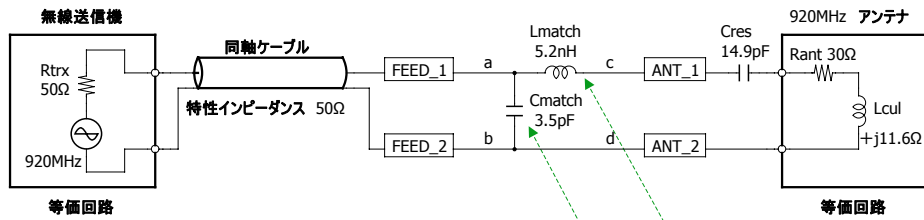
インピーダンス整合回路の設計 (Step 3 : 帯域補正をする.)

2017年7月13日

40

Step 3 : 帯域補正をする

TDU



インピーダンス整合回路の帯域を 100MHz とりたい。
→ Lmatch と Cmatch の各々に Q を乗じる。

$$Q = \frac{f_0}{BW} = \frac{920\text{MHz}}{100\text{MHz}} = 9.2$$

$$L_{\text{match}} = 5.2\text{nH} \times 9.2 = 47.8\text{nH}$$

$$C_{\text{match}} = 3.5\text{pF} \times 9.2 = 32.2\text{pF}$$

47.8nH (E6 系列部品
では 47nH)に変更

32.2pF (E6 系列部品
では 33pF)に変更

2017年7月13日

41

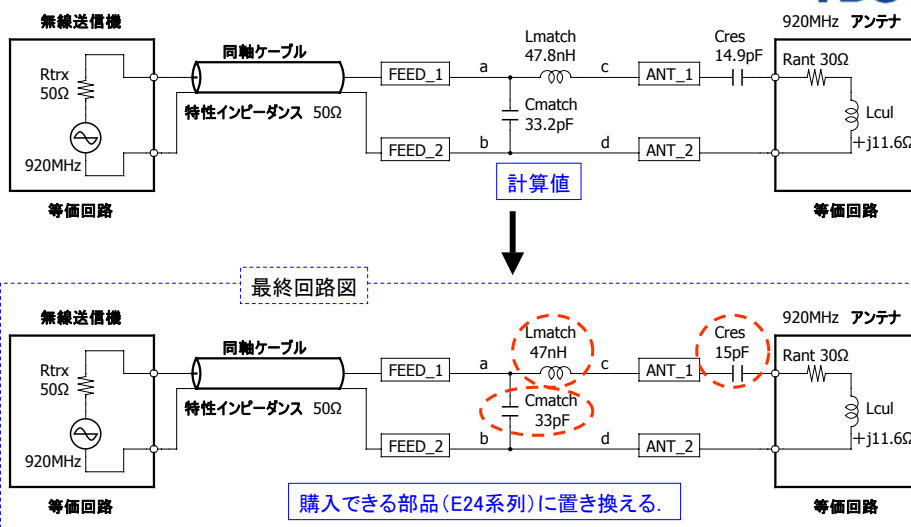
設計が終了したインピーダンス整合回路

2017年7月13日

42

設計が終了したインピーダンス整合回路

TDU



2017年7月13日

43

半年間、お疲れ様でした。

TDU

著書紹介

〒110-0016
東京都台東区台東3-4-2
アンブレット通信研究所
所長 根日屋英之

2017年7月13日

44