

第7回 インピーダンス整合について(集中定数回路)

TDU



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

ユビキタス無線工学
担当：根日屋 英之

2017年5月25日

1

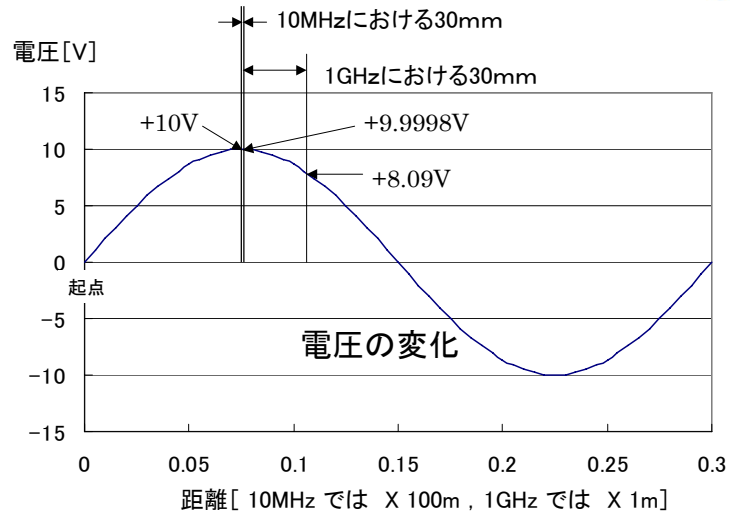
集中定数回路と分布定数回路

2017年5月25日

2

集中定数回路と分布定数回路

TDU

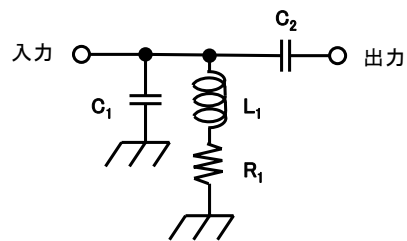


2017年5月25日

3

集中定数回路

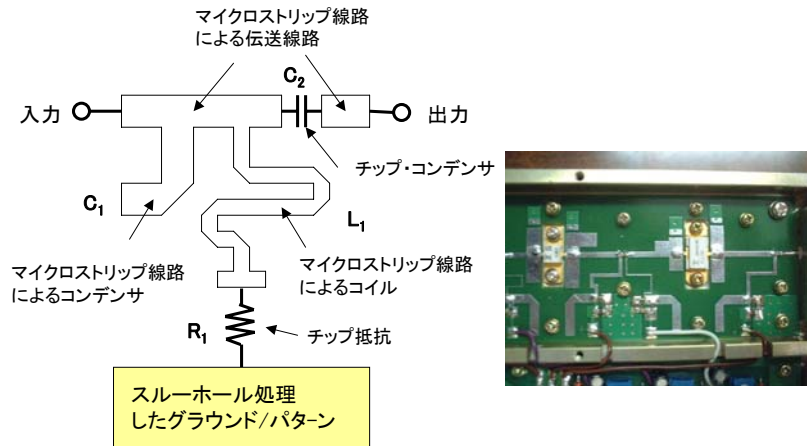
TDU



2017年5月25日

4

分布定数回路



2017年5月25日

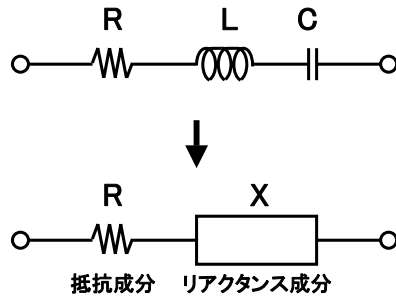
5

集中定数回路のインピーダンス整合回路

2017年5月25日

6

インピーダンスとは



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、

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

$$Z = R + \left(j\omega L + \frac{j}{j^2\omega C} \right)$$

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

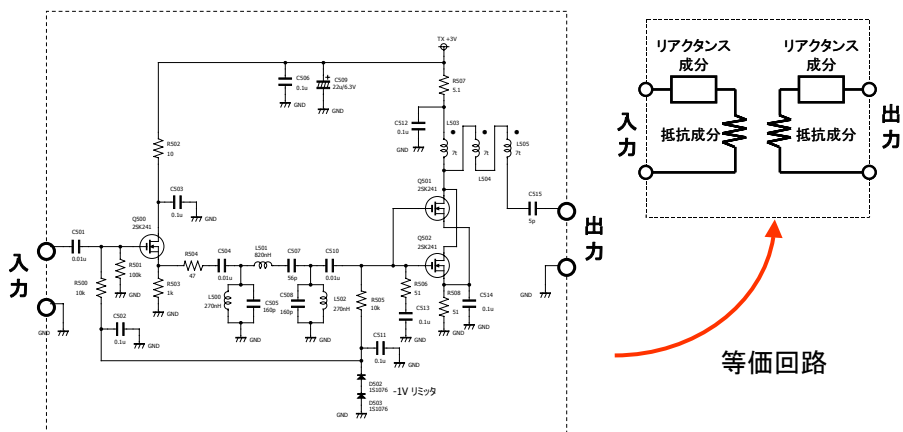
$$= R + jX$$

で与えられる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5月25日

7

どんな電子回路もインピーダンスで表される

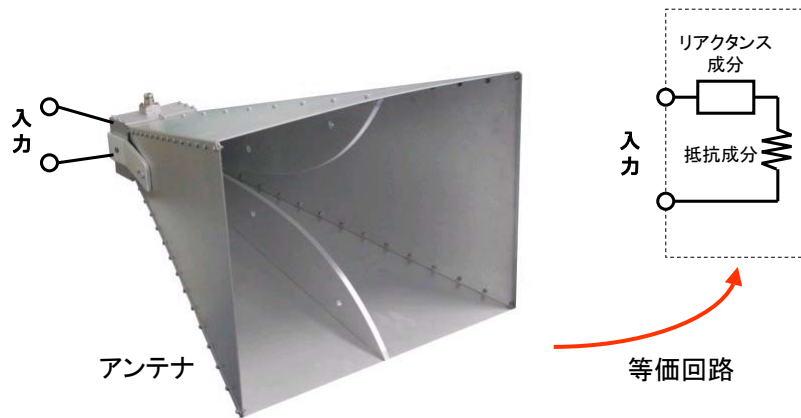


2017年5月25日

8

どんな電子回路もインピーダンスで表される

TDU



2017年5月25日

9

アンテナの電気的特性

TDU

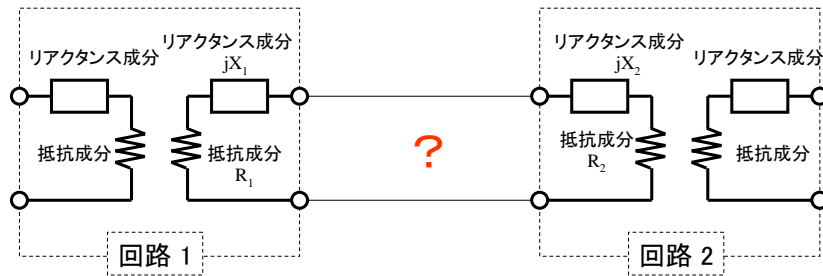


2017年5月25日

10

インピーダンス整合回路の考え方

TDU



「回路1」と「回路2」をうまく接続して信号が効率よく伝送できるには ?

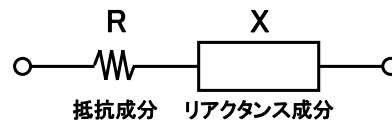
2017年5月25日

11

インピーダンス整合回路の設計 (考え方)

TDU

- ★ 抵抗成分 : エネルギーの伝送に関与する.
- ★ リアクタンス成分 : 損失を発生する.



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無くす。(ゼロにする.)

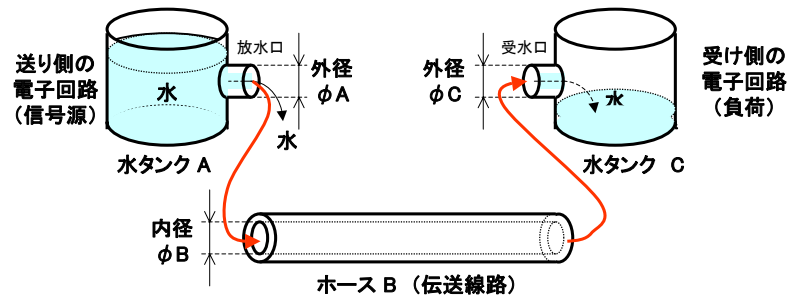
Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.

2017年5月25日

12

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5月25日

13

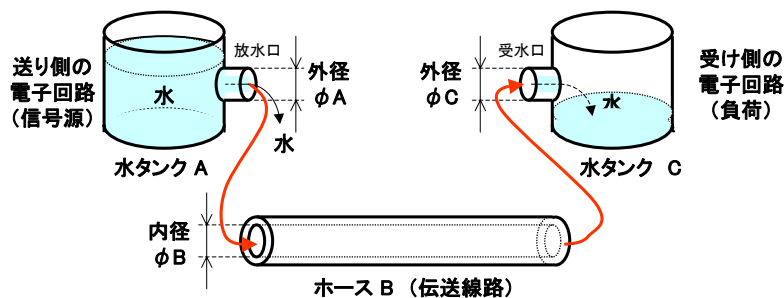
集中定数回路による インピーダンス整合回路

2017年5月25日

14

電気信号の流れは水の流れて考える

TDU



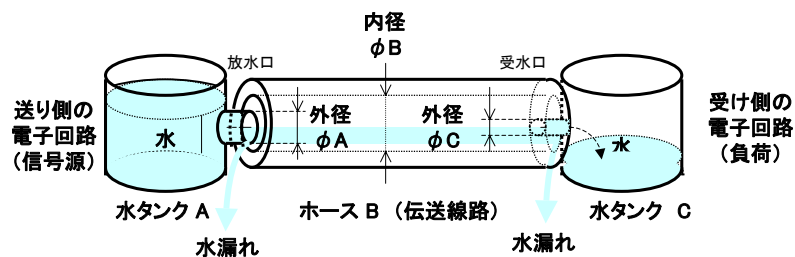
水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A = \phi B = \phi C$ であれば、水は途中で漏れることなく、水タンク A から水タンク C へ送ることができる。この ϕA 、 ϕB 、 ϕC の外径や内径の概念を、電子回路ではインピーダンスと考える。

2017年5月25日

15

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



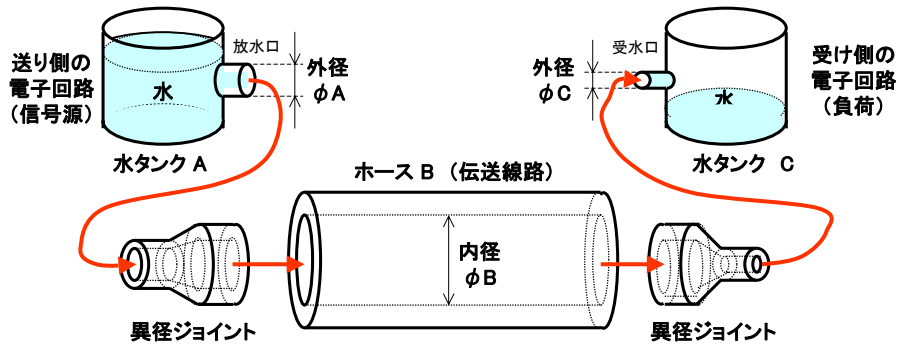
水タンク A と水タンク C をホース B でつなぐとき、 $\phi A \neq \phi B$ 、 $\phi B \neq \phi C$ であると、水はタンクとホースのつなぎ目から水が漏れる。電子回路ではこの概念をインピーダンスの不整合といい、インピーダンスの不整合が起こっている箇所では電気信号が一部、反射を起こす。

2017年5月25日

16

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



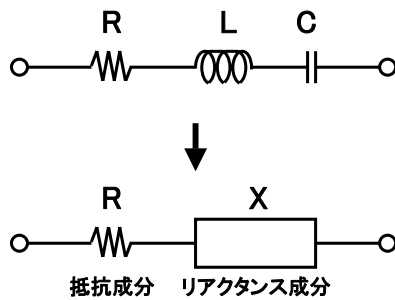
ホースの内径が水タンクの放水口や受水口の外径と異なるときは、異径ジョイントを入れる。
この異径ジョイントを入れることは、電子回路ではインピーダンス整合回路を入れることになる。

2017年5月25日

17

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5月25日

18

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5月25日

19

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5月25日

20

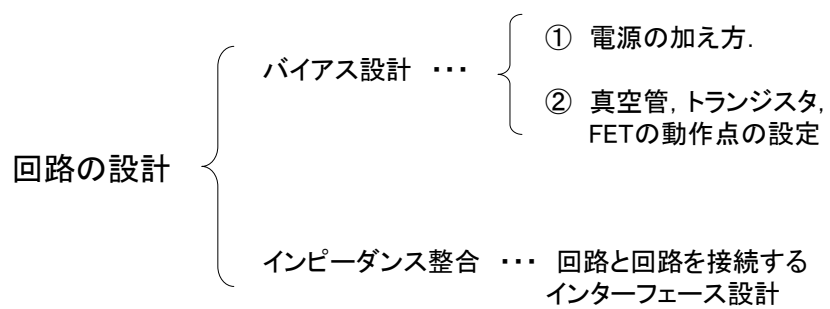
回路の設計

2017年5月25日

21

回路の設計

TDU



2017年5月25日

22

インピーダンス整合回路の設計手順

2017年5月25日

23

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5月25日

24

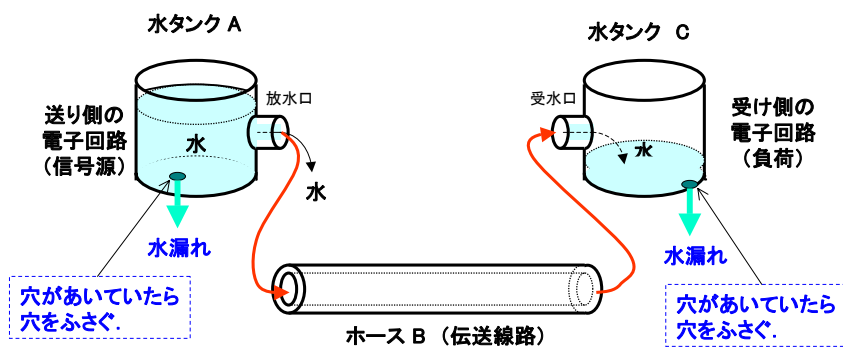
インピーダンス整合回路の設計 (Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする.)

2017年5月25日

25

Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする.

TDU

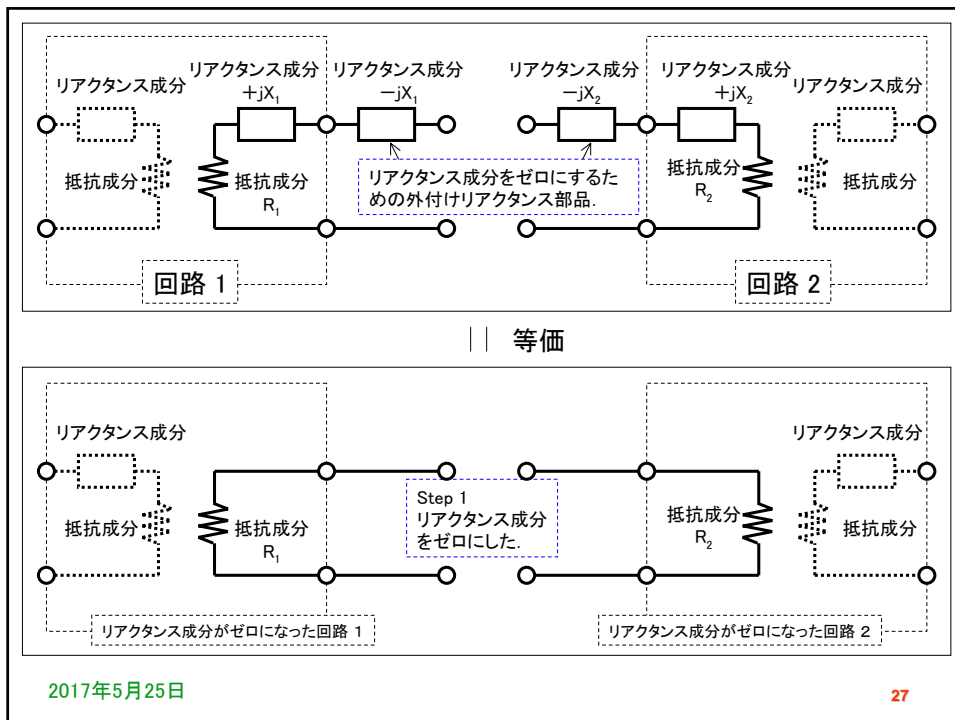


$Z=R+jX$ のリアクタンス成分 (jX) をゼロにするということは・・・

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

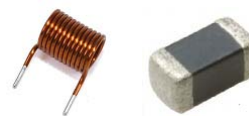
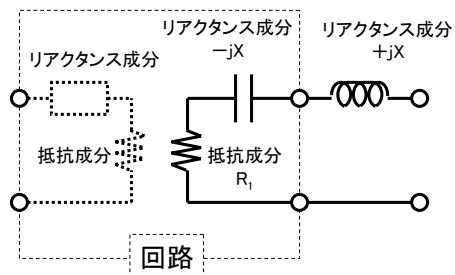
2017年5月25日

26





「-」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.

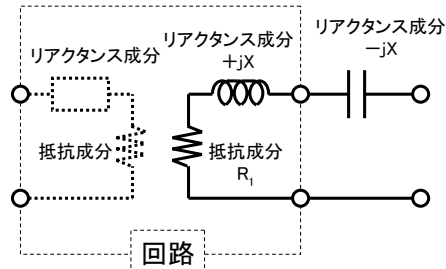
「+」のリアクタンス $+jX$ は、インダクタンス(コイル)  を示す

2017年5月25日



28

「+」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5月25日

29

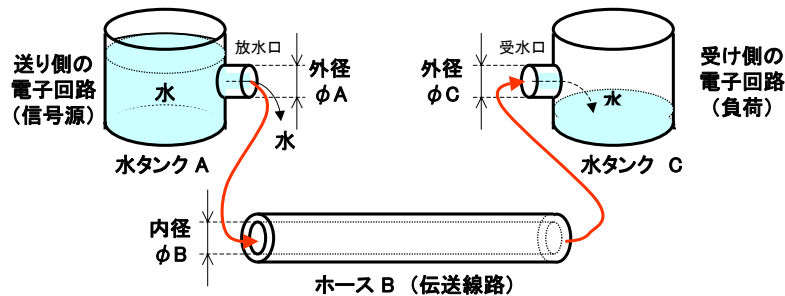
インピーダンス整合回路の設計 (Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.)

2017年5月25日

30

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 ...

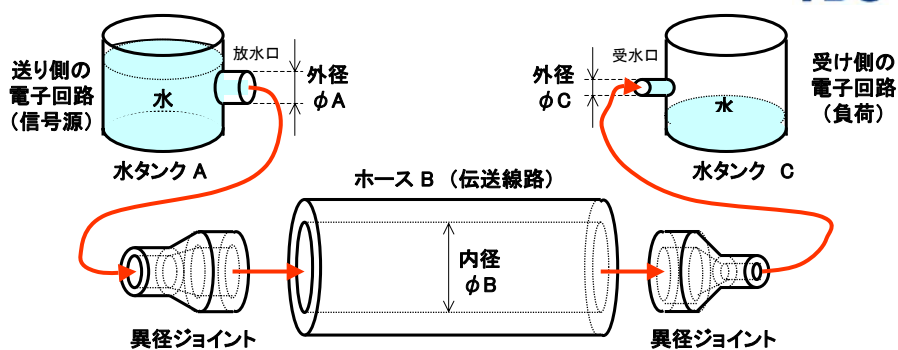
もし、外径 ϕA 、内径 ϕB 、外径 ϕC が等しければ → それらをただ接続すればよい。

2017年5月25日

31

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 ...

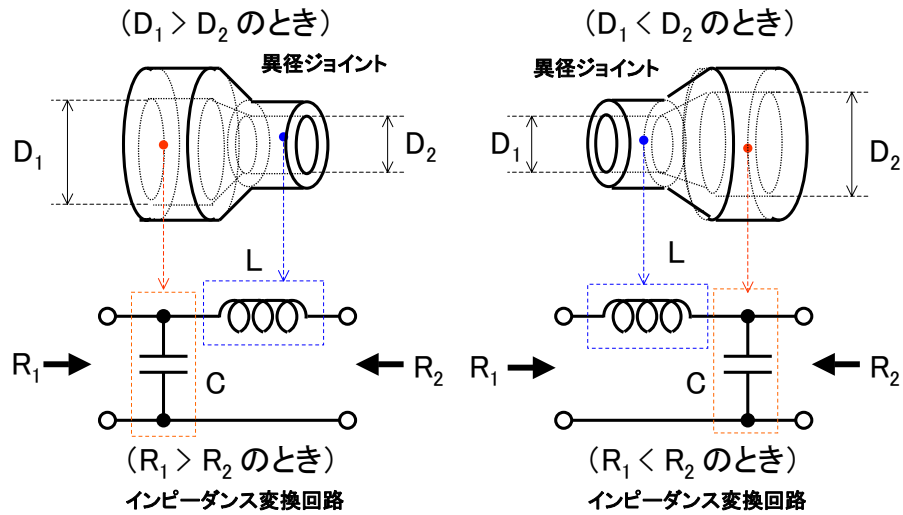
もし、外径 ϕA 、内径 ϕB 、外径 ϕC が異なれば → それらを異径ジョイントを介して接続する。

2017年5月25日

32

異径ジョイントと電子回路の関係

TDU

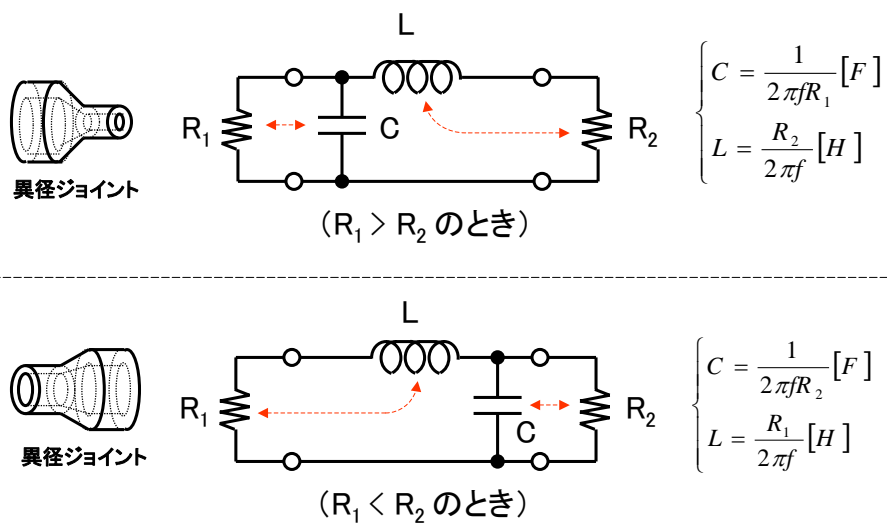


2017年5月25日

33

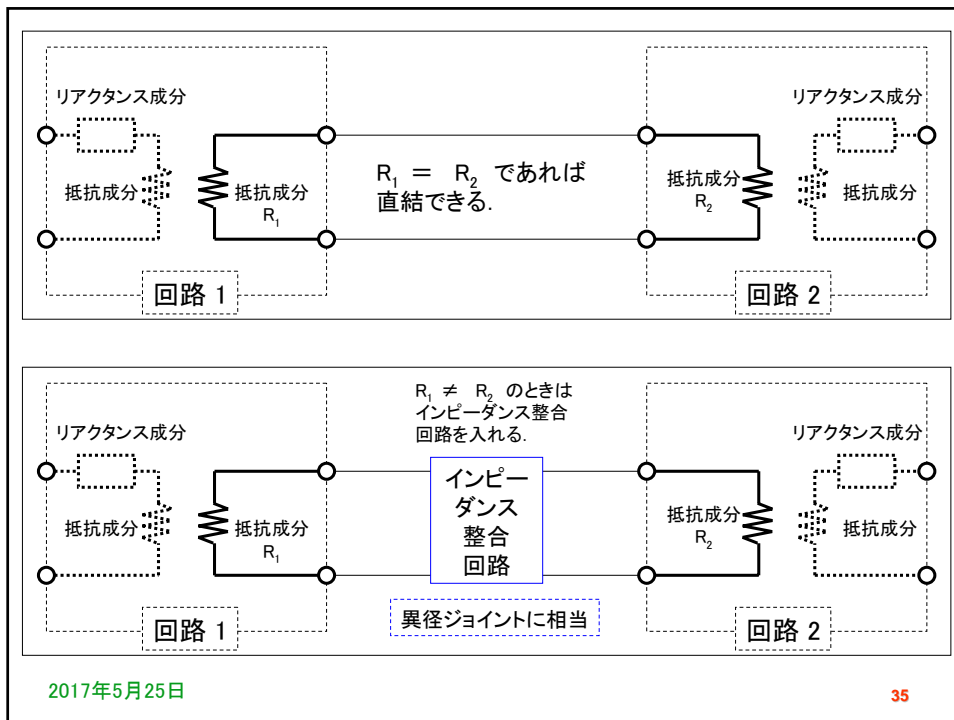
周波数 f におけるL型インピーダンス整合回路

TDU



2017年5月25日

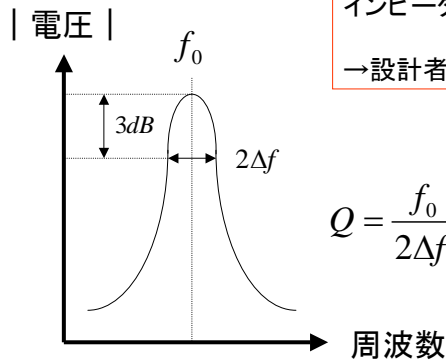
34



インピーダンス整合回路の設計 (Step 3 : 帯域補正をする.)

共振回路のQとは

TDU

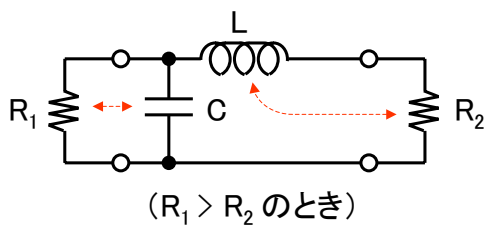


2017年5月25日

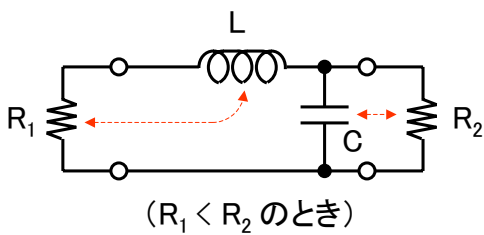
37

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5月25日

38

インピーダンス整合回路の設計 (集中定数回路の総括)

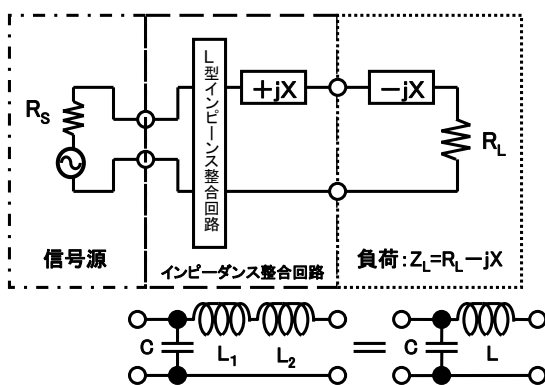
2017年5月25日

39

公式1

更新：2017年6月15日 (Q の決め方を修正)

TDU



$$C = \frac{Q}{2\pi f R_s} (F)$$

$$L = L_1 + L_2$$

$$= \left\{ \frac{R_L Q}{2\pi f} + \frac{X}{2\pi f} \right\} (H)$$

Q 必要な帯域幅から決める。

[条件]
アンテナ側の R_L 成分 $< R_s$
アンテナ側の X 成分 $< 0 \Omega$

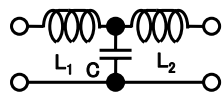
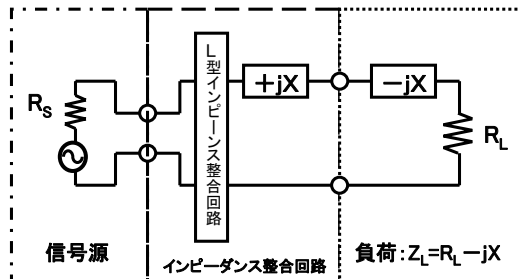
2017年5月25日

40

公式2

更新：2017年6月15日（Qの決め方を修正）

TDU



[条件]

アンテナ側の R_L 成分 $> R_s$
アンテナ側の X 成分 $< 0 \Omega$

$$C = \frac{Q}{2\pi f R_L} (F)$$

$$L_1 = \frac{R_s Q}{2\pi f} (H)$$

$$L_2 = \frac{X}{2\pi f} (H)$$

Q 必要な帯域幅から決める。

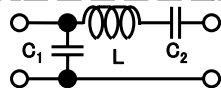
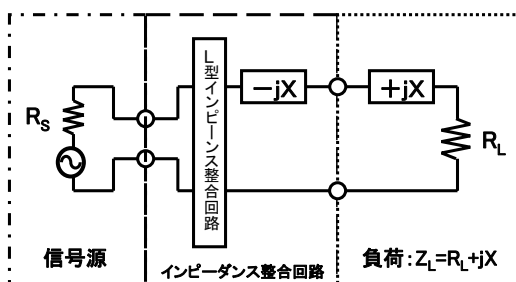
2017年5月25日

41

公式3

更新：2017年6月15日（Qの決め方を修正）

TDU



[条件]

アンテナ側の R_L 成分 $< R_s$
アンテナ側の X 成分 $> 0 \Omega$

$$C_1 = \frac{Q}{2\pi f R_s} (F)$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f X} (F)$$

$$L = \frac{R_L Q}{2\pi f} (H)$$

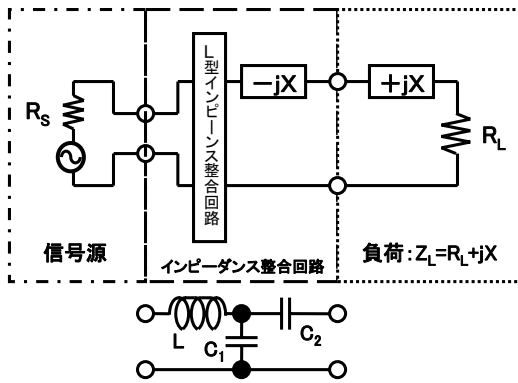
Q 必要な帯域幅から決める。

2017年5月25日

42

公式4

更新：2017年6月15日（Qの決め方を修正）



$$C_1 = \frac{Q}{2\pi f R_L} (F)$$

$$C_2 = \frac{1}{2\pi f X} (F)$$

$$L = \frac{R_s Q}{2\pi f} (H)$$

Q 必要な帯域幅から決める。

[条件]
アンテナ側の R_L 成分 $> R_s$
アンテナ側の X 成分 $> 0 \Omega$

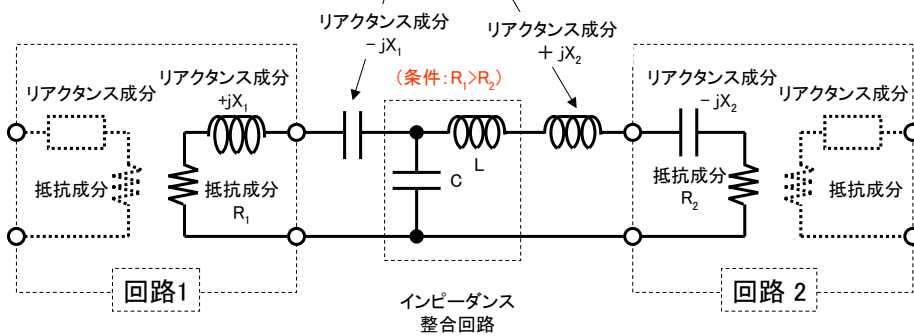
2017年5月25日

43

インピーダンス整合回路の設計事例



(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.

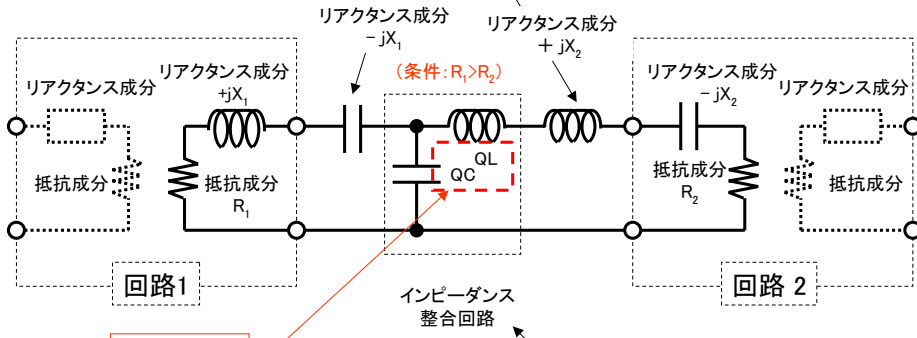
2017年5月25日

44

帯域幅をもたせたインピーダンス整合回路

TDU

(Step 1 : リアクタンス成分をゼロにする.)



$$Q = \frac{f_0}{2\Delta f}$$

スライドページ「37」を参照

Step 2 : 抵抗成分をうまく接続する.

2017年5月25日

45