

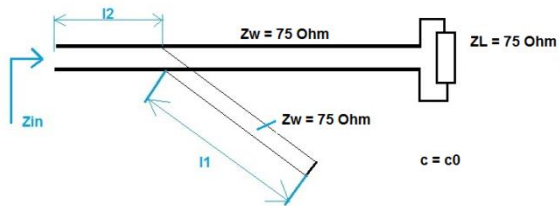
## Beispiel 1

Bestimme jene Länge  $l_1$  und  $l_2$  damit bei

$f = 600 \text{ MHz}$

- $Z_{\text{in}} = j 75 \text{ Ohm}$

beträgt.



Hinweis: (1) Ein Kurzschluss parallel mit einer beliebigen Impedanz ist ein Kurzschluss! (2)  $l_2$  transformiert den Kurzschluss nach  $j75 \text{ Ohm}$ .

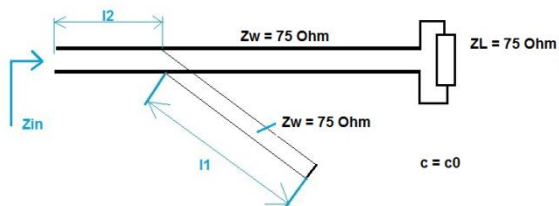
## Beispiel 2

Bestimme jene Länge  $l_1$  damit bei

$f = 600 \text{ MHz}$

- $Z_{\text{in}} = 75 \text{ Ohm reell}$

beträgt.



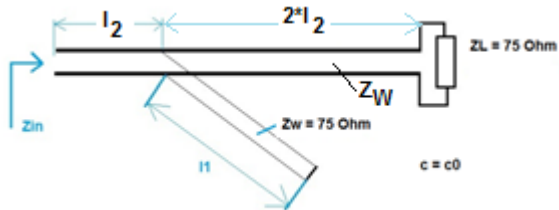
### Beispiel 3

Bestimme jene Länge  $l_1, l_2$  und den Wellenwiderstand der Leitung damit bei

$f = 600 \text{ MHz}$

- $Z_{in} = 50 \text{ Ohm}$

beträgt.



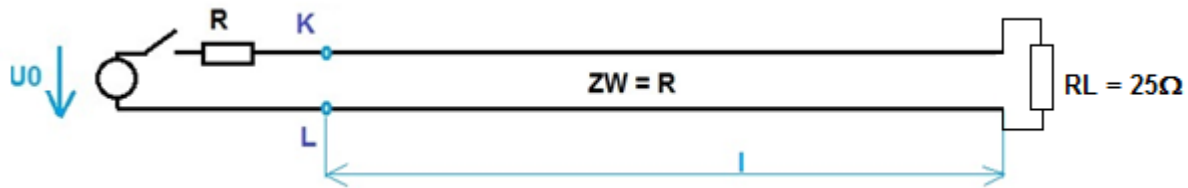
Beachte: Der Wellenwiderstand der Stichleitung  $Z_W$  Stichleitung =  $75 \text{ Ohm}$  (Leitung mit der Länge  $l_1$ ).

Die Leitung zwischen  $Z_L$  und Eingang hat die Länge  $l_2 + 2 \cdot l_2 = 3 \cdot l_2$ .

**Hinweis: eine  $\lambda/4$  Leitung transformiert einen reellen Widerstand in einen anderen reellen Widerstand.**

**Beispiel 4****4P**

Eine Leitung der Länge  $l$  (siehe Abbildung) wird mit  $Z_W/2$  abgeschlossen.

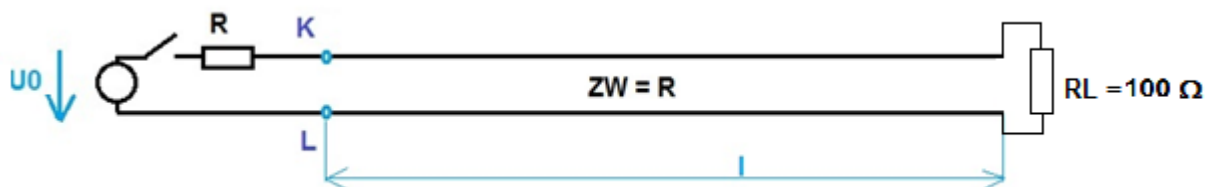


$U_0 = 2V$  (Gleichspannung), Schalter wird zum Zeitpunkt  $t = 0$  geschlossen.

1. Zeichne den Spannungsverlauf ( $U_v$ ,  $U_r$ ,  $U_{ges}$ ) auf der Leitung zum Zeitpunkt
  - a.  $t = 0 + \delta$  mit  $\delta$  sehr klein verglichen mit der Laufzeit auf der Leitung.
  - b.  $t = T_1 - \delta$  (hinlaufende Welle erreicht das Ende der Leitung gerade noch nicht)
  - c.  $t = T_1 + \delta$  (unmittelbar nach der Reflexion)
  - d.  $t = 2 * T_1 - \delta$  (Rücklaufende Welle erreicht die Klemmen K, L gerade noch nicht)
  - e.  $t = 2 * T_1 + \delta$  (Nach dem Auftreffen der rücklaufenden Welle an K, L).

**Beispiel 5****4P**

Eine Leitung der Länge  $l$  (siehe Abbildung) wird mit  $2 * Z_W$  abgeschlossen.



Gleiche Fragestellung wie Beispiel 2.

## Beispiel 6

Für eine verlustlose Leitung (reeller Wellenwiderstand) die mit einer Impedanz  $Z_L = R_L + j X_L$  ( $R_L \neq \infty, X_L \neq \infty$  und  $R_L \neq 0, X_L \neq 0$ ) abgeschlossen ist gilt:

- ◇ hat immer einen reellen Anteil bei der Messung der Eingangsimpedanz
- ◇ Der Realteil der Lastimpedanz kann (auf den Eingang) transformiert werden, sodass  $\operatorname{Re}(Z_{IN}) \neq R_L$
- ◇ Mit einer verlustlosen Leitung kann die Eingangsspannung auf eine höhere Ausgangsspannung transformiert werden.
- ◇ Die Ausgangsspannung kann verändert werden, indem man am Eingang einen Blindwiderstand hinzufügt (An der Einspeisung).
- ◇ Es gibt eine Leitungslänge die zu einem Kurzschluss am Eingang führt.
- ◇ Der Blindwiderstand der Last kann vollständig kompensiert werden (Der Eingangswiderstand der Leitung wird dadurch reell).

Eine verlustlose, am Ende **offene** Leitung die mit einer bestimmten Frequenz gespeist wird ist

- ◇ immer dann ein Leerlauf wenn die Leitungslänge verglichen mit der Wellenlänge sehr klein ist.
- ◇ Die Leitungslänge exakt  $\lambda / 2$  ist.
- ◇ Die Leitungslänge  $\lambda / 4$  ist.

Es kommt zu einer Reflexion wenn

- ◇ Zwei Leitungen mit verschiedenem Wellenwiderstand in Serie geschaltet sind
- ◇ Der Wellenwiderstand einer Leitung nicht mit dem Lastwiderstand zusammenfällt

Der Wellenwiderstand einer Leitung kann bestimmt werden, indem man einen veränderbaren reellen Widerstand am Ende der Leitung anschließt und ihn solange verstellt bis

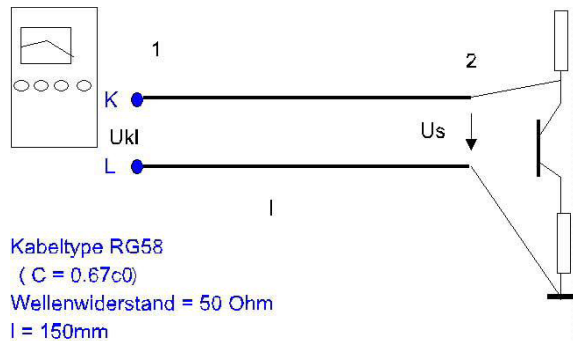
- ◇ auf der Leitung an jedem Punkt gleiche Amplitude herrscht
- ◇ Bei Gleichstrom der Eingangswiderstand mit dem Lastwiderstand zusammenfällt.

Eine mit einem Kondensator abgeschlossene verlustlose Leitung betrieben mit **einer** bestimmten Frequenz  $f$

- ◇ kann an den Eingangsklemmen Klemmen mit einer leerlaufenden Leitung identisch sein
- ◇ kann an den Eingangsklemmen Klemmen ein Kurzschluss sein.
- ◇ Hat einen Reflexionsfaktor dessen Betrag kleiner als 1 ist.

## Beispiel 7

Ein Oszilloskop wird an folgende Schaltung zum Messen der Kollektorspannung angeschlossen. Das Oszilloskop hat am Eingang eine Kapazität von 16pF der ohmsche Widerstand des Oszilloskops kann vernachlässigt werden.



| Parameter   | Wert             | Beschreibung                     |
|---|------------------|----------------------------------|
| f   | 700 MHz          | Betriebsfrequenz                 |
| c<br>(Ausbreitungsgeschwindigkeit auf der Leitung)    | $0.67 \cdot C_0$ | $C_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ |
| $Z_w$   | 50 Ohm           | Wellenwiderstand der Leitung     |
| l   | 150mm            | Länge der Leitung                |
| Eingangskapazität der Leitung (durch das Oszilloskop) | 16pF             |                                  |

Hinweis: Das Oszilloskop ist die Last der Leitung (Punkt 1) die Einspeisung ist der Transistor (Punkt 2).

Wie groß ist die Belastung des Oszilloskops mit der dazwischenliegenden Leitung?

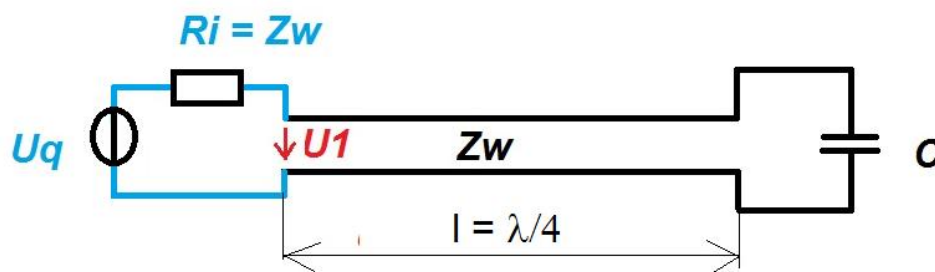
## Beispiel 8

Wie groß ist die Kapazität am Leitungsende einer  $\lambda/4$  Leitung, wenn  $|U_1| = 0.707 \cdot U_q$  (Phasendrehung  $45^\circ$ ) gemessen wurde.  $f = 500$  MHz.

Hinweis: Übertragungsfunktion des Hochpasses:

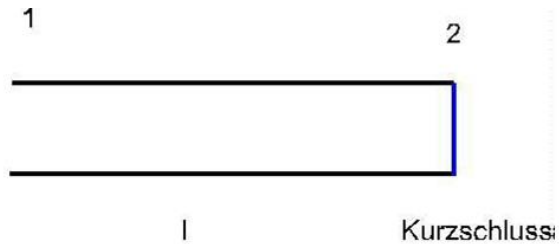
$$G(j\omega) = \frac{U_1}{U_q} = \frac{\frac{L}{R} j\omega}{1 + \frac{L}{R} j\omega}$$

Die Leitung verhält sich daher an den Klemmen bei  $U_1$  wie eine Induktivität.



## Beispiel 9

### Kurzgeschlossene Leitung als Resonator



Kabeltype RG58

(  $C = 0.67c_0$  )

Wellenwiderstand = 50 Ohm

Bestimme 2 Serien und 2 Parallelresonanzen der Leitung der Länge  $l = 200$  mm.

## Beispiel 10

### Leerlaufende Leitung als Resonator



Kabeltype RG58

(  $C = 0.67c_0$  )

Wellenwiderstand = 50 Ohm

Bestimme 2 Serien und 2 Parallelresonanzen der Leitung der Länge  $l = 200$  mm.



### Beispiel 11

Eine kurzgeschlossene Leitung der Länge  $l = 0.15 \text{ m}$  hat eine Parallelresonanz (am Eingang) von 400 MHz. Ferner hat man herausgefunden, dass der Wellenwiderstand der Leitung  $20 \Omega$  beträgt, und die Leitung verlustfrei angenommen werden kann.

Berechne den Induktivität's und Kapazität's Belag der Leitung.

### Beispiel 12

Eine leerlaufende Leitung der Länge  $l = 0.13 \text{ m}$  hat eine Serienresonanz (am Eingang) von 500 MHz. Ferner hat man herausgefunden, dass der Wellenwiderstand der Leitung  $30 \Omega$  beträgt, und die Leitung verlustfrei angenommen werden kann.

Berechne den Induktivität's und Kapazität's Belag der Leitung.

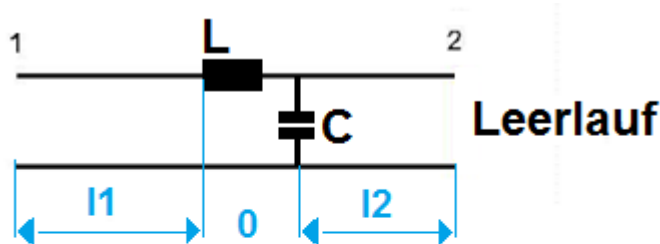
### Beispiel 13

Ein Antennenkabel vom Wohn zum Gartenhaus, welches geradlinig unter der Erde verlegt ist, ist an irgendeiner Stelle gerissen. Der Wellenwiderstand des Kabels beträgt 75 Ohm, die Ausbreitungsgeschwindigkeit auf der Leitung beträgt  $c = 0.67 \cdot c_0$ .

Die Eingangsimpedanz des Kabels ist bei 120 MHz ein Kurzschluss. An welchen zwei Stellen (Entfernung von der Einspeisung) kann das Kabel gerissen sein?

### Beispiel 14

Betrachte folgende Leitungsanordnung



Kabeltype RG58

(  $c = 0.67c_0$  )

Wellenwiderstand = 50 Ohm

L und C sind konzentrierte Bauelemente und haben für unsere Betrachtung keine Ausdehnung (Die Länge der Spule ist 0 mm und die Länge des Kondensators ist ebenso 0 mm).

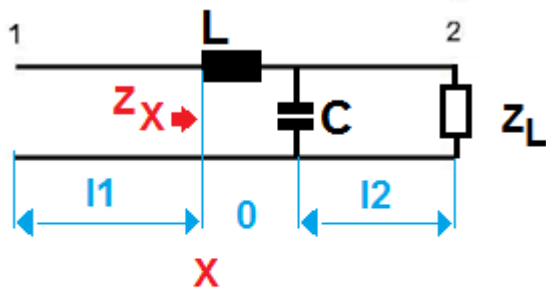
$$l_2 = 0.15 \text{ m}$$

$$f = 800 \text{ MHz}$$

Für welche Kapazität ist die Anordnung aus Sicht vom Eingang (Punkt1) eine offene Leitung der Länge  $l_1$ .

Hinweis: In diesem Fall ist L belanglos.

### Beispiel 15



Kabeltype RG58

(  $C = 0.67c_0$  )

Wellenwiderstand = 50 Ohm

$$Z_L = Z_w = 50 \text{ Ohm}$$

$$f = 700 \text{ MHz}$$

Die Längen  $l_1$  und  $l_2$  sind beliebig

$$C = 8 \text{ pF}$$

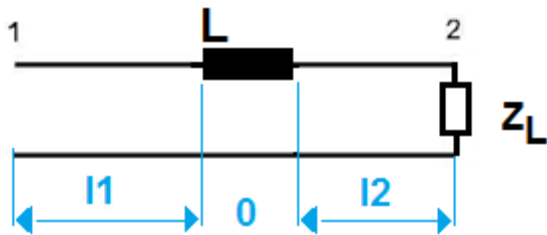
$$l_1 = \lambda/4 \text{ (Länge von 1 nach X)}$$

$l_2$  ist beliebig wegen Anpassung am Ende der Leitung

Bestimme  $L$  damit die Eingangsimpedanz reell ist.

Hinweis: Es reicht wenn  $Z_X$  reell ist.

### Beispiel 16



Kabeltype RG58

(  $C = 0.67c_0$  )

Wellenwiderstand = 50 Ohm

$$l_1 = l_2 = \lambda/8.$$

$$f = 500 \text{ MHz}$$

Lässt man die Serieninduktivität  $L$  weg, liegt am Eingang Anpassung vor.  
Wie groß ist die Eingangsimpedanz wenn  $\omega L = Z_W$  gewählt wird.

**Beispiel 17**

Beweise dass eine Leitung der Länge  $\lambda/4$  folgende Leitungstransformation ausführt (Einsetzen in die Leitungsgleichung)

$$Z_{IN} = \frac{Z_W^2}{Z_L}$$

Bei welchem Wellenwiderstand der Leitung wird die Abschlussimpedanz  $Z_L = j10\Omega$  am Eingang zu  $Z_{IN} = -j20\Omega$  transformiert

**Beispiel 18**

Eine Unterbrechung einer Leitung kann durch die Bestimmung der Resonanz an den Eingangsklemmen bestimmt werden. Erkläre die Funktionsweise dieser Methode.

**Beispiel 19**

Wenn ein Leitung mit dem Wellenwiderstand von  $Z_W = 100\Omega$  und der Länge  $l = 100\text{ mm}$  bei 500 MHz einen Abschlusswiderstand von  $50\Omega$  in einen Eingangswiderstand von  $200\Omega$  transformiert, misst man bei 1kHz welchen Eingangswiderstand?

**Hinweise**

$$Z_{in} = Z_W \frac{Z_L + j Z_W \tan\left(\frac{2\pi}{\lambda} l\right)}{Z_W + j Z_L \tan\left(\frac{2\pi}{\lambda} l\right)} \quad \left| \quad \rho = \frac{Z_L - Z_W}{Z_L + Z_W} \right.$$

$$Z_W = \sqrt{\frac{L}{C}}$$