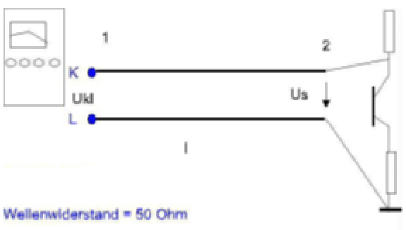
Leitungen

Beispiel 1: Messen bei hohen Frequenzen

Ein Oszilloskop wird an folgende Schaltung zum Messen der Kollektorspannung angeschlossen. Das Oszilloskop hat am Eingang eine Kapazität von 10pF der ohmsche Widerstand des Oszilloskops kann vernachlässigt werden.



Parameter	Wert	Beschreibung
f	600 MHz	Betriebsfrequenz
c (Ausbreitungsgeschwindigkeit auf der Leitung)	0.67* C_0	$C_0 = 3*10^8$ m/s
Z_w	50 Ohm	Wellenwiderstand der Leitung
l	200 mm	Länge der Leitung
Eingangskapazität der Leitung (durch das Oszilloskops)	10pF	

Hinweis: Das Oszilloskop ist die Last der Leitung (Punkt 1)

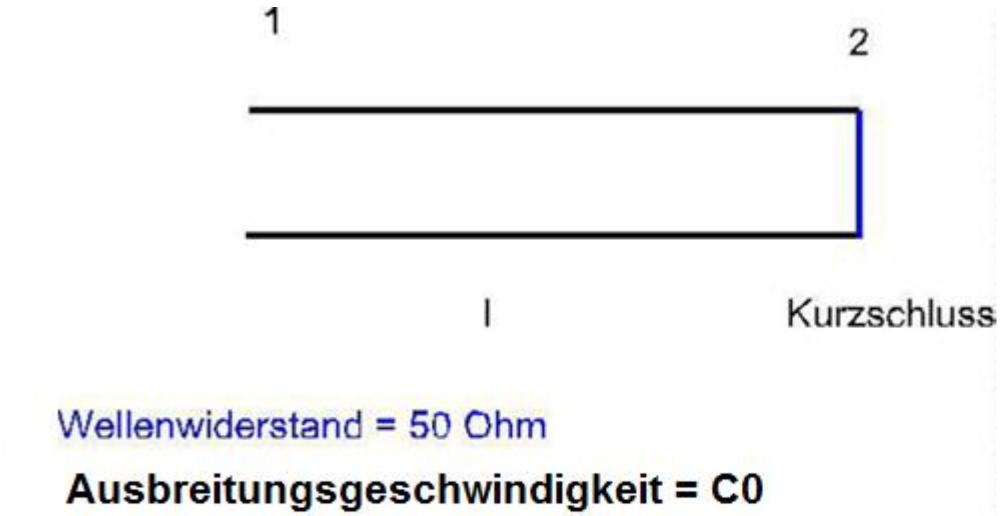
Die Einspeisung ist der Transistor (Punkt 2).Wie groß ist die Belastung des Oszilloskops mit der dazwischenliegenden Leitung?

Lösung:

$$Z_{in} = Z_w \frac{Z_L + j\,Z_w \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}{Z_w + j\,Z_L \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)} = 50\Omega \frac{-j\frac{1}{2\pi f C} + j50 * tan(\frac{2\pi f}{c} l)}{50 + j\left(-j\frac{1}{2\pi f C}\right) * tan(\frac{2\pi f}{c} l)} = 50 \frac{-j26.52 + j50\; tan(\frac{3}{2}0.8\pi)}{50 + 26.52 * tan(\frac{3}{2}0.8\pi)} =$$

$$50 \frac{-j26.52 + j36.32}{50 + 19.26} = 50 \frac{+j9.8}{69{,}26} = j7\Omega$$

Beispiel 2: Leitung als Resonator 5P



Bestimme 2 Serien und 2 Parallelresonanzen der Leitung.

$$Z_{in} = Z_w \frac{Z_L + j\,Z_w \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}{Z_w + j\,Z_L \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}$$

Serienresonanzen

$$Z_{in} = 0 = Z_w \frac{Z_L + j\,Z_w \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}{Z_w + j\,Z_L \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)} = Z_w \frac{\cancel{Z_L} + j\,Z_w \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}{Z_w + \cancel{j\,Z_L \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}} = jZ_w tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)$$

Serienresonanz liegt vor wenn $\frac{2\cancel{\pi}}{\lambda} l = k\cancel{\pi}$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{f}{c}$$

$$\frac{2f}{c} l = k$$

$$f(1) = \frac{1c}{2l} = \frac{1 * 3 * 10^8}{2 * 0.2m} = 750\ MHz$$

$$f(2) = \frac{2c}{2l}$$
$$= \frac{2 * 3 * 10^8}{2 * 0.2m} = 1500\ MHz$$

Parallelresonanz

$$Z_{in} = \infty = Z_w \frac{Z_L + j\, Z_w \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}{Z_w + j\, Z_L \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)} = Z_w \frac{\cancel{Z_L} + j\, Z_w \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}{Z_w + \cancel{j\, Z_L \tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)}} = jZ_w tan(\frac{2\pi}{\lambda} l)$$

Parallelresonanz liegt vor wenn $\frac{2\pi}{\lambda} l = \frac{\pi}{2} + k\cancel{\pi}$

$$\frac{2f}{c} * l = \frac{1}{2} + k$$

$$f = (\frac{1}{2} + k)\frac{c}{2l}$$

$$f(1\ (k = 0)) = \frac{c}{4l} = \frac{300M}{4 * 0.2} = 375\ MHz$$

$$f(2) = \frac{c\frac{3}{2}}{2l} = \frac{300M\frac{3}{2}}{2 * 0.2} = 1125\ MHz$$

Beispiel 3

Beweisen Sie, dass mit Hilfe einer $\lambda/4$ Leitung ein HF Transformator (Leitungstransformator) realisiert werden kann. Der Leitungstransformator kann über folgende Beziehung

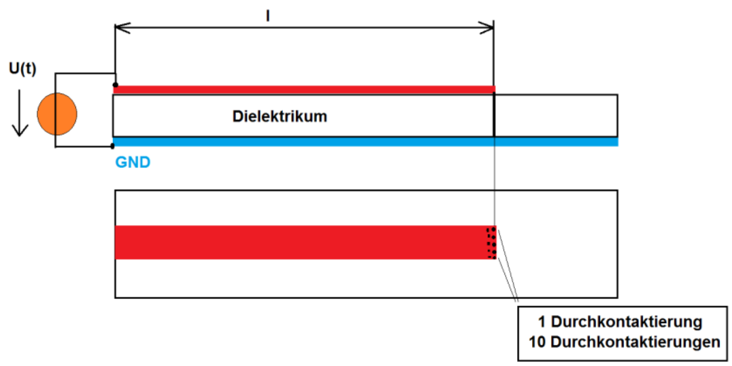
$$Z_W = \sqrt{Z_1 * Z_2}$$

berechnet werden:

Z_1 und Z_2 sind die Abschlussimpedanzen der Leitung.

Beispiel 4

Es soll die Induktivität von Durchkontaktierungen auf Leiterplatten messtechnisch erfasst werden. Dazu wird ein Leitungsstück der Länge l mit einer unterschiedlichen Anzahl von Durchkontaktierungen auf Resonanz ausgemessen.



Es ergibt sich bei **einer** Durchkontaktierung

- l = 150 mm (liegt in der Größenordnung von $\lambda/2$)
- N=1 (Eine Durchkontaktierung)
- $Z_W = 20\ \Omega$
- **fr = 476.2 MHz**

Bei 10 Durchkontaktierungen stellt sich eine Serienresonanzfrequenz von

- **fr = 497,6 MHz** ein.
- (N = 10)

Welche Induktivität hat eine Durchkontaktierung wenn die magnetische Gegenkopplung der Durchkontaktierungen nicht mit eingerechnet wird.

Hinweise:

(1) Beim Parallelschalten von N Induktivitäten verkleinert sich die Induktivität.

$$L_N = \frac{L\ eine\ \ Durchkontaktieung}{N\ (Anzahl\ der\ Durchkontaktierungen)}$$

(2) Die Ausbreitungsgeschwindigkeit kann nicht mit C_0 angenommen werden!

(3) Eine Induktivität verlängert die Leitung. Sie kann um Δs länger dafür als idealer Kurzschluss betrachtet werden.