

Parasitäre Effekte von Bauelementen

von Max Lehmer

Gliederung

1. Einführung
2. Elektrische Bauelemente
 - 2.1. passive Bauelemente
 - 2.2. aktive Bauelemente
3. Rauschen
4. Quellen

1. Einführung

Was sind parasitäre Effekte?

2. Elektrische Bauelemente

2.1. passive Bauelemente

2.1.1. Widerstand

2.1.2. Kondensator

2.1.3. Spule

2.2. aktive Bauelemente

2.2.1. Halbleiter (Dioden / Transistoren)

2.1.1. Widerstand

- A. Temperaturkoeffizient
- B. Temperatureinfluss
- C. zulässiger Temperaturbereich
- D. Bauformen
- E. reales Ersatzschaltbild (ESB)
- F. Skin-Effekt

A. Temperaturkoeffizient α [ppm / K]

$$R(T_2) = R(T_1) \cdot (1 + \alpha \cdot (T_2 - T_1)) \quad T_1 : \text{Referenztemperatur bei } 20^\circ\text{C}$$

Metall : $\alpha > 0$

Legierungen : $\alpha \approx 0$

Kohlefilm : $\alpha < 0$

B. Temperatureinfluss

C. zulässiger Temperaturbereich

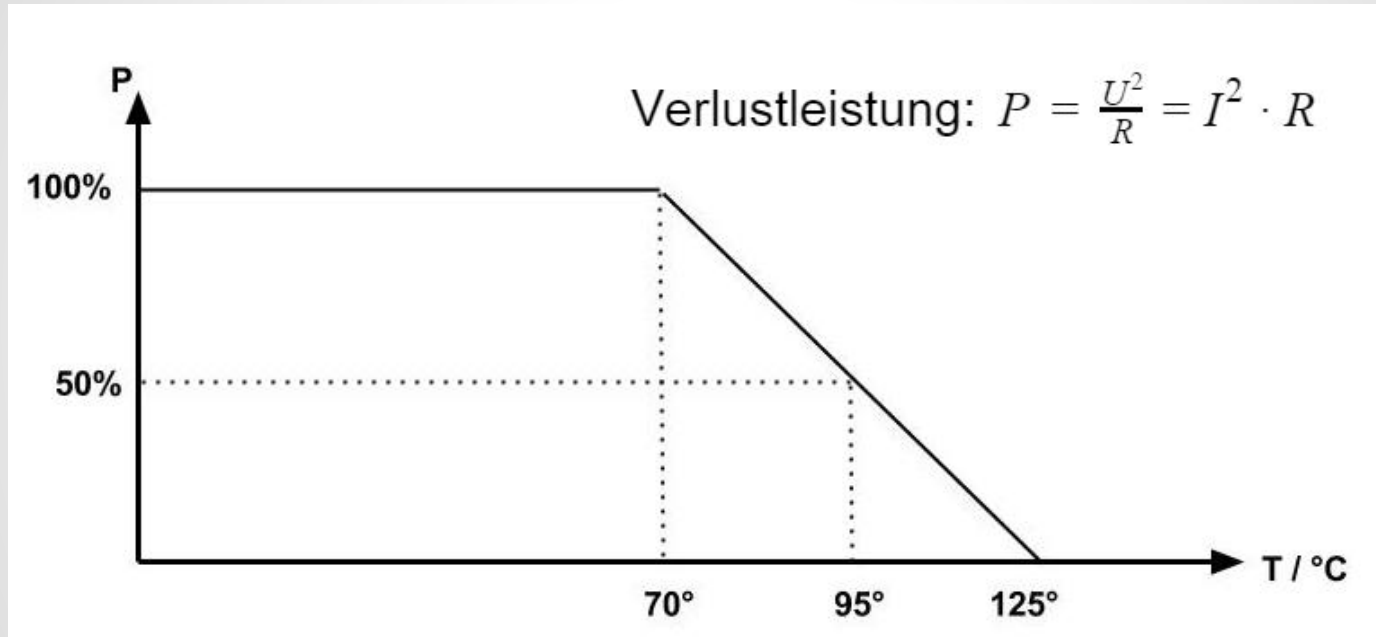


Abb.: Lastminderungskurve

D. Bauformen

- a. Schichtwiderstand
- b. Drahtwiderstand
- c. weitere Bauformen

a. Schichtwiderstand

$$\text{Kohleschicht: } T_K = -300 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1} = -300 \cdot \frac{\text{ppm}}{K}$$

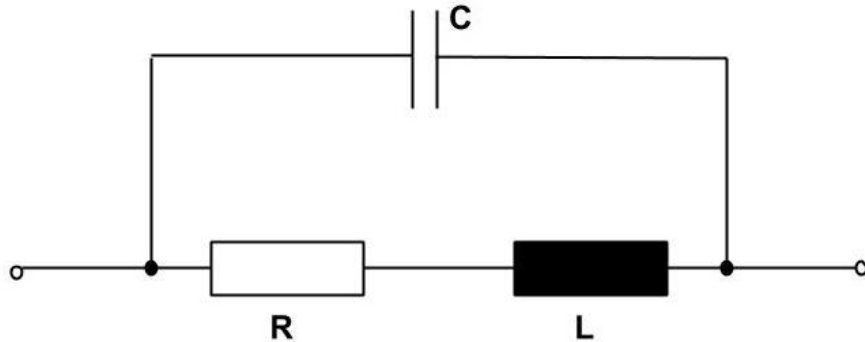
$$\text{Metallschicht: } T_K = \pm 50 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1} = \pm 50 \cdot \frac{\text{ppm}}{K}$$

b. Drahtwiderstand

c. weitere Bauformen

- i. Folienwiderstände und massive Metallwiderstände
- ii. Massewiderstände
- iii. Potentiometer

E. reales ESB



großer Widerstand:

$$\underline{Z} \approx \frac{R}{1 + j\omega RC}$$

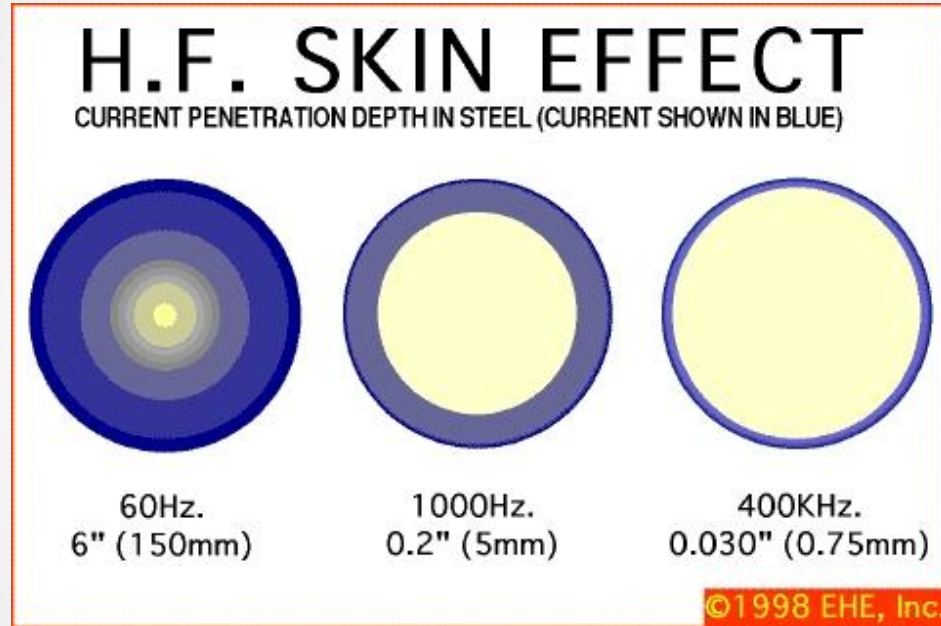
Gesamtimpedanz:

$$\underline{Z} = \frac{R}{\frac{1}{1 + j\omega \cdot \frac{L}{R}} + j\omega \cdot RC}$$

kleiner Widerstand:

$$\underline{Z} \approx R \cdot (1 + j\omega L/R)$$

F. Skin-Effekt



mittlere Skin-Eindringtiefe: $\delta = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho}{\omega \cdot \mu}}$

2.1.2. Kondensator

A. Bauformen & Einsatzbereiche

- a. Keramikkondensatoren
- b. Folienkondensatoren
- c. Elektrolytkondensatoren
- d. Überblick und Einsatzbereiche

B. reales ESB

a. Keramikkondensatoren

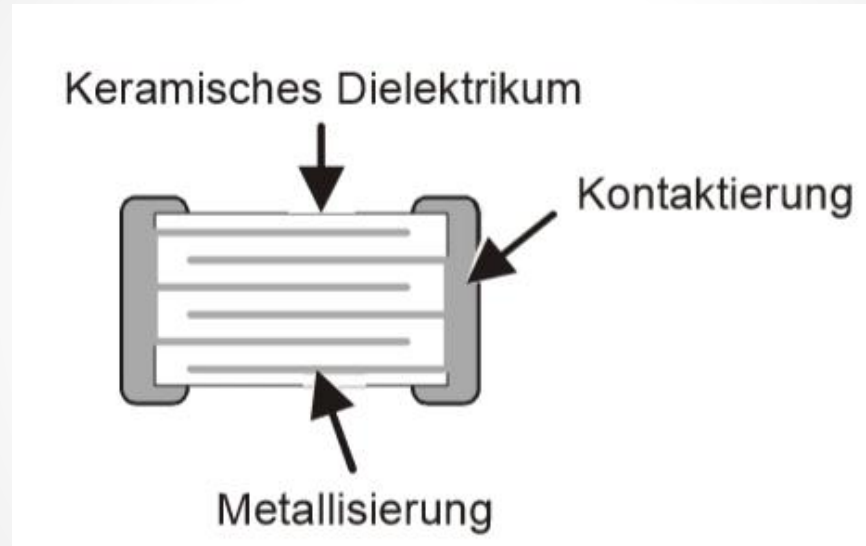


Abb.: Aufbau, Quelle: siehe [2]

a. Keramikkondensatoren

		Klasse 1	Klasse 2
ϵ_r	Bereich	6 ... 200 typ. 20 ... 40	200 ... 14000
	Temperaturabhängigkeit	klein (typ. ± 30 ppm/K) linear	groß, nichtlinear
	Frequenzabhängigkeit	keine	ja
	Spannungsabhängigkeit	keine	ja
Toleranz	1 % (E96/E24) ... 20 % (E6)	-20 % / +50 %, -20 % / +80% (E3, E6)	
Werte	bis 100 nF	bis 33 μ F	
Anwendungen	Schwingkreise, Filter	Kopplung, HF-Kurzschluss	

Quelle: siehe [2]

b. Folienkondensatoren

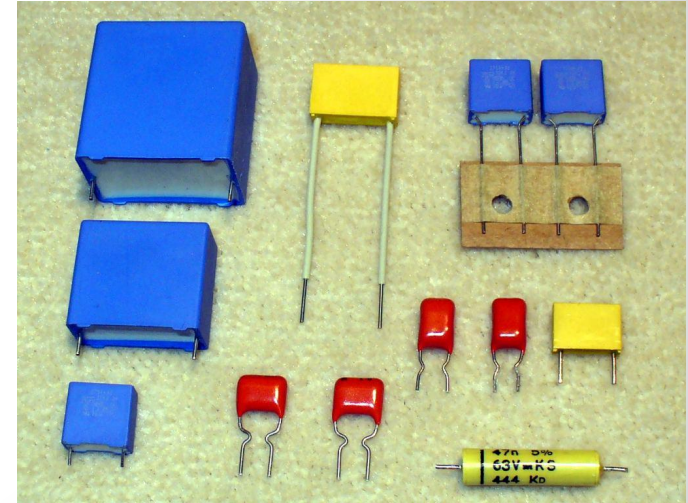
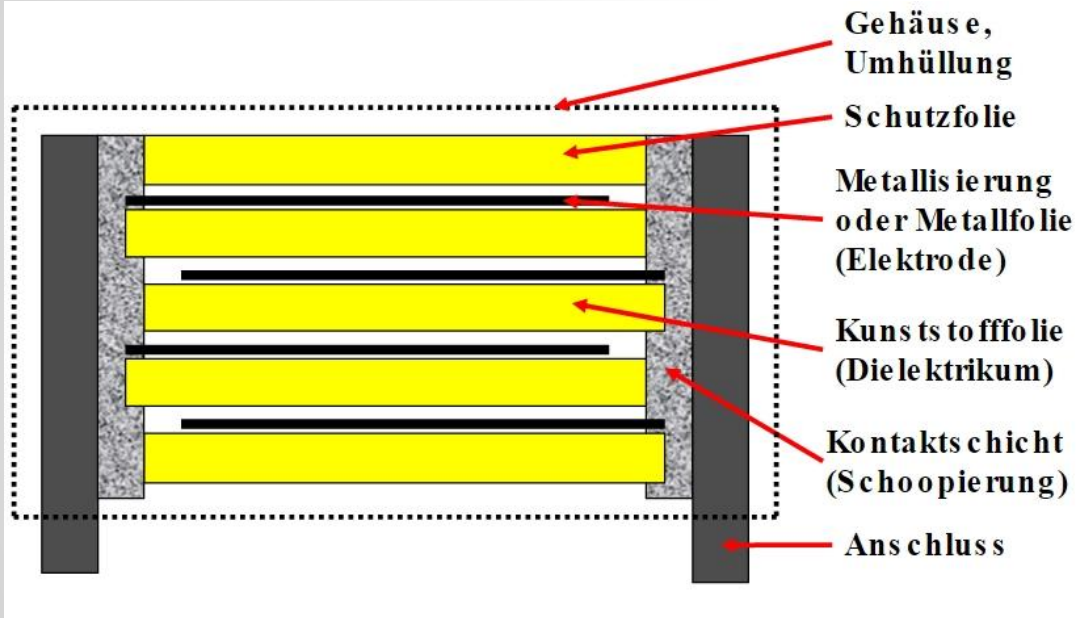


Abb.: Aufbau & Beispiel

Quelle: siehe [4]

c. Elektrolytkondensatoren

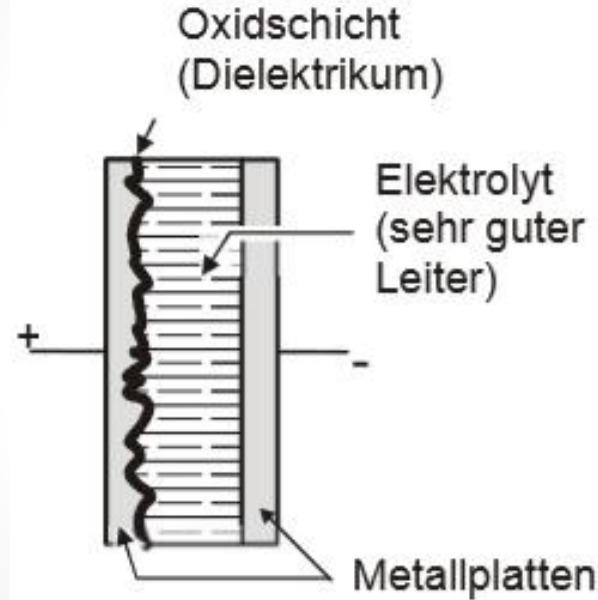


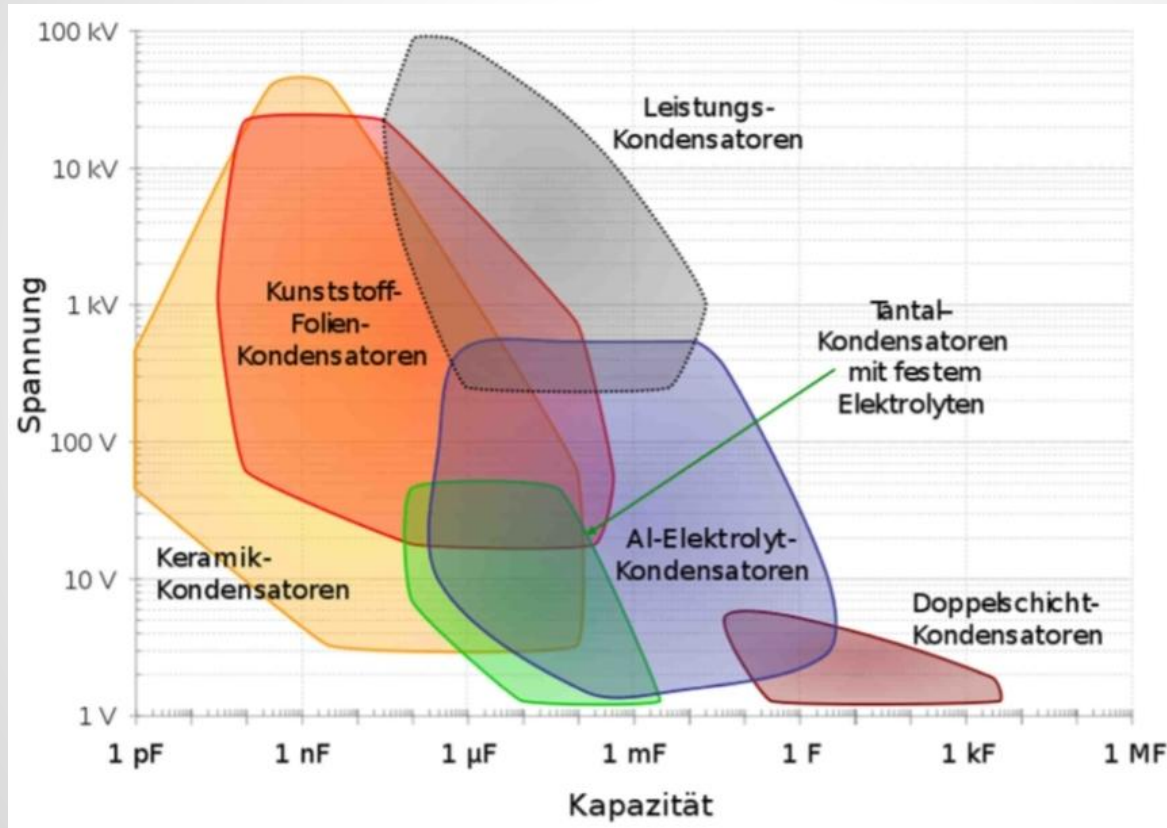
Abb.: Aufbau, Quelle: siehe [2]

d. Überblick & Einsatzbereiche

Eigenschaft	Keramik-K.	Folien-K.	Elko
ϵ_r	Klasse 1: 6...200 Klasse 2: 200... 14000	3	Al: 8,4 Ta: 28
Schichtdicke	1 μm	1 μm	0,01 μm
SMD	ja	selten	ja
durchschlagsfest impulsstromfest	gut bis sehr gut	sehr gut	gut
Wertebereich	0,1 pF ... μF	pF ... μF	0,1 μF ... F
Toleranzen	bei Klasse 1 sehr gut	gut	mäßig
ESR	mittel	klein	mittel

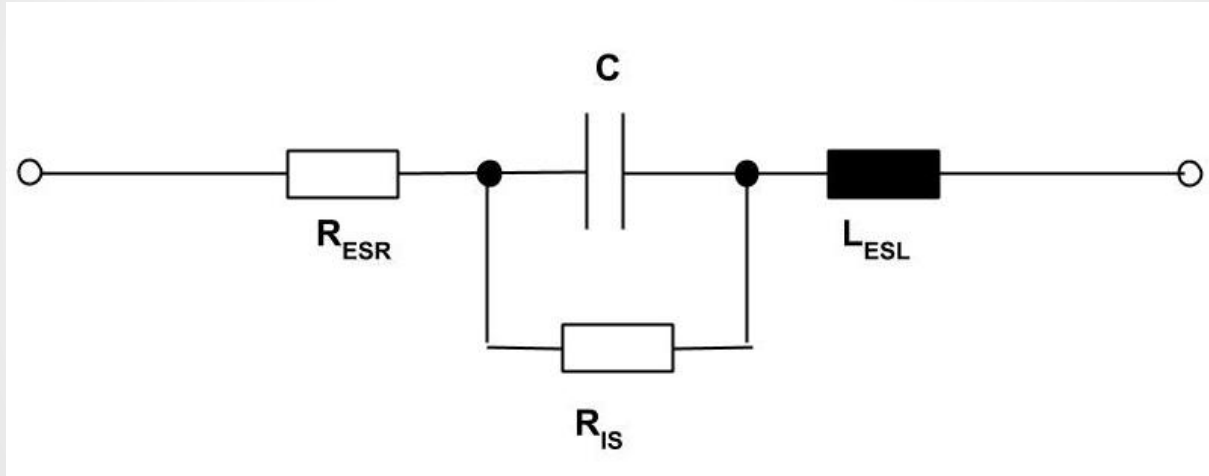
Abb.: Überblick, Quelle: siehe [2]

d. Überblick & Einsatzbereiche



Quelle: siehe [2]

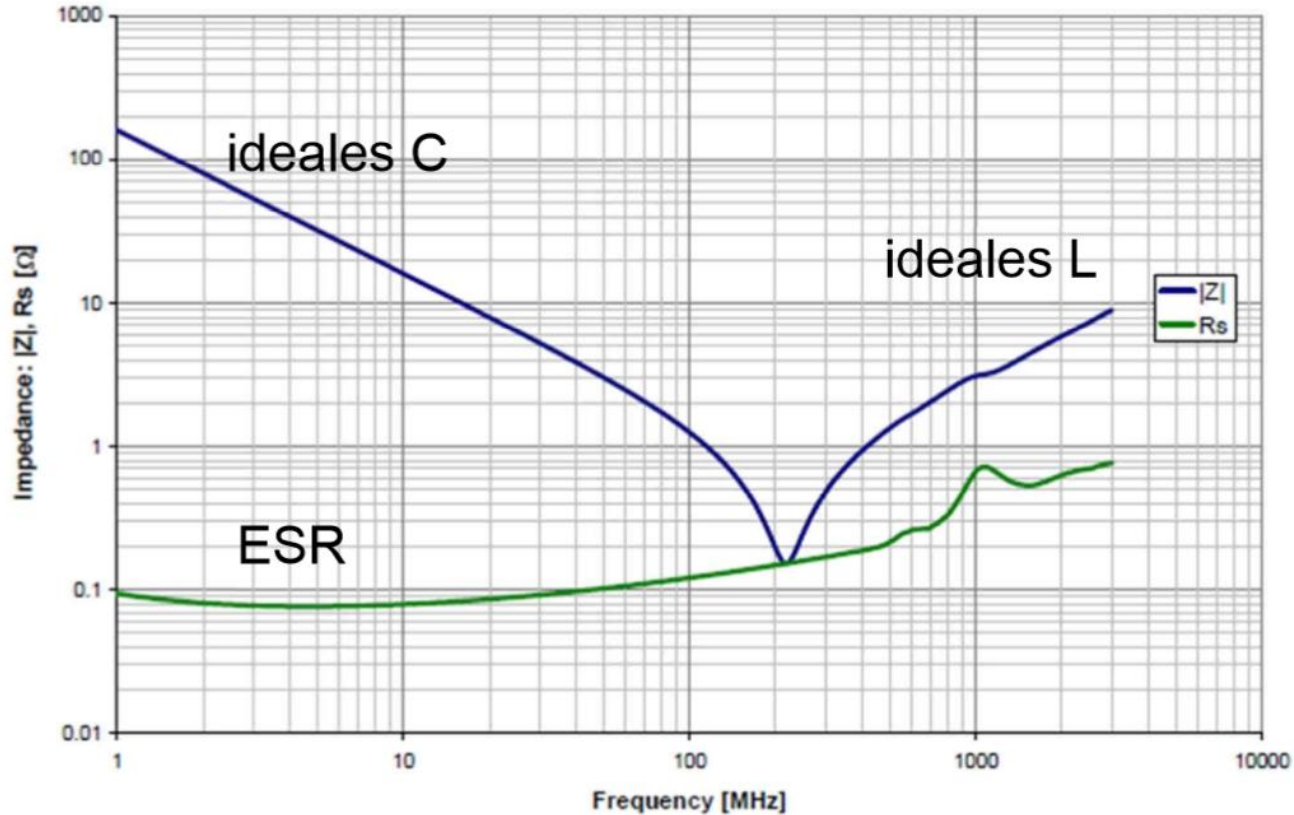
B. reales ESB



$$Z \approx \frac{1}{j\omega C} + ESR + j\omega L$$

B. reales ESB

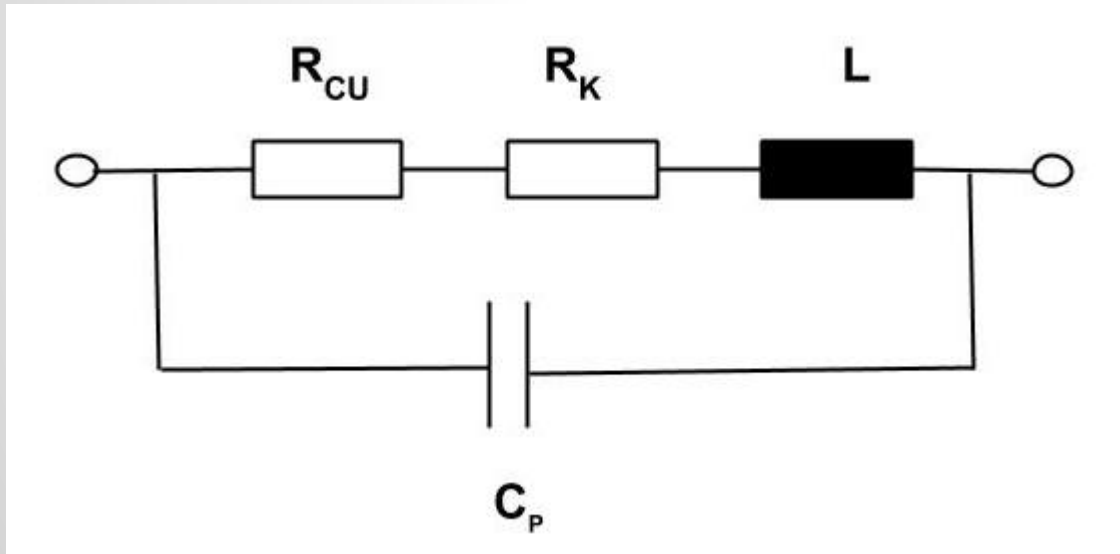
$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Quelle:
siehe [2]

2.1.3. Spule

A. reales ESB



$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_p}}$$

2. Elektrische Bauelemente

2.1. passive Bauelemente

2.1.1. Widerstand

2.1.2. Kondensator

2.1.3. Spule

2.2. aktive Bauelemente

2.2.1. Halbleiter (Dioden / Transistoren)

2.2.1. Halbleiter

- A. Leitbahnparasiten
- B. aktive Parasiten im Halbleiter
- C. passive Parasiten im Halbleiter
- D. Miller-Effekt

A. Leitbahnparasiten

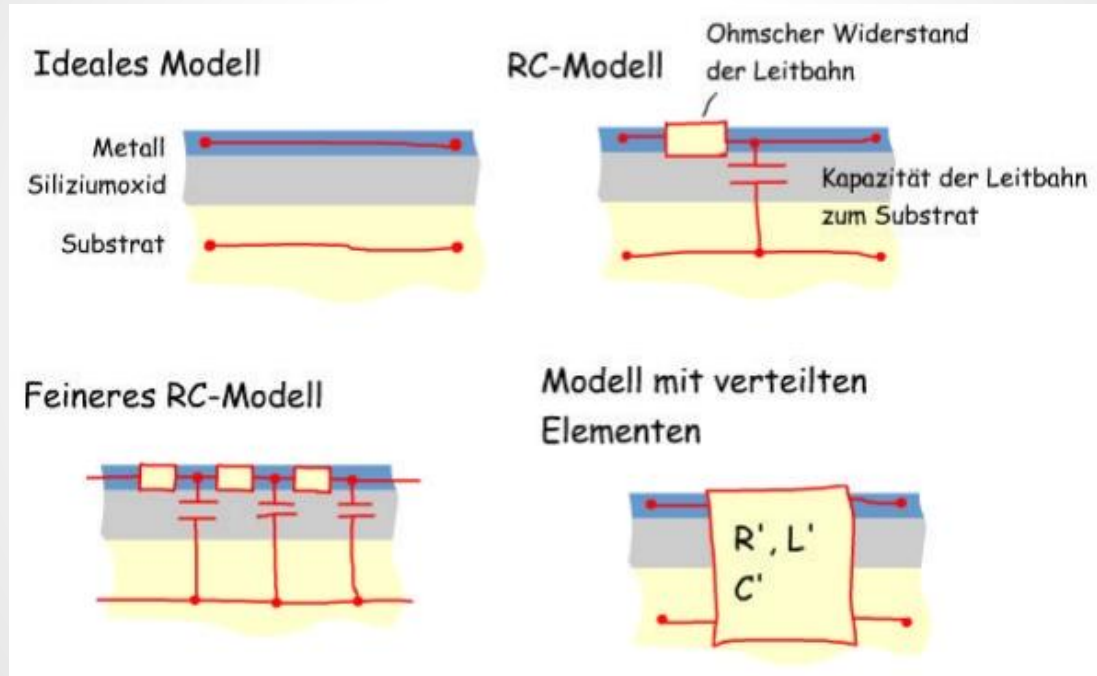
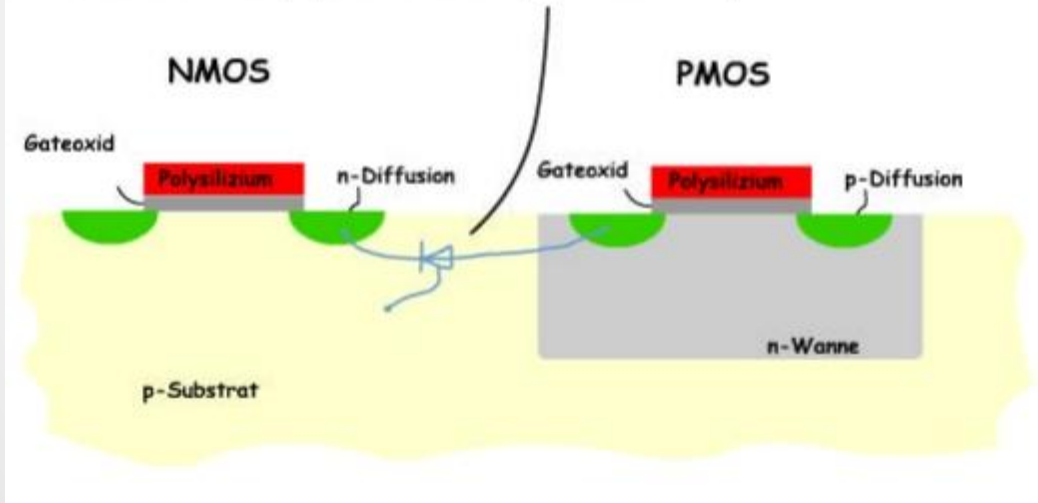


Abb.: Modelle zur Beschreibung von Leitbahnparasiten, Quelle: siehe [5]

B. aktive Parasiten im Halbleiter

Beispiel:

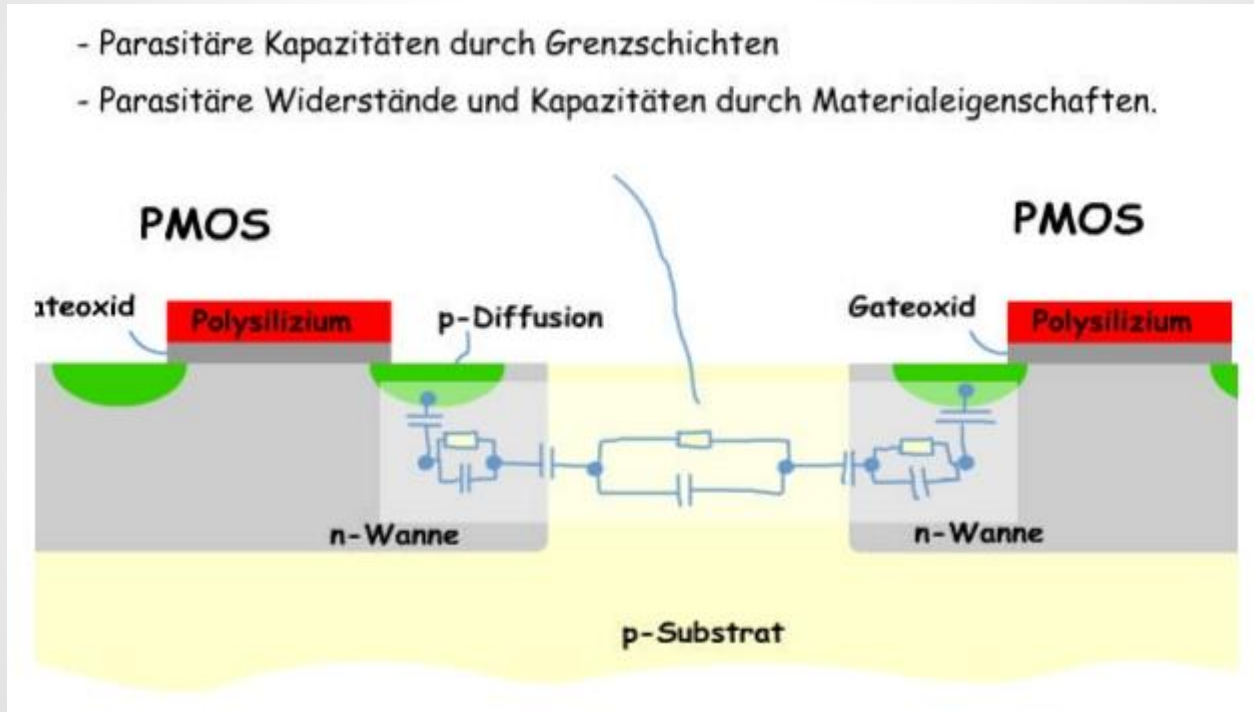
Parasitäre Thyristorstruktur bei CMOS-Technologie verursacht durch pnpn-Schichtfolge -> "Latch Up"



Quelle: siehe [5]

C. passive Parasiten im Halbleiter

- Parasitäre Kapazitäten durch Grenzschichten
- Parasitäre Widerstände und Kapazitäten durch Materialeigenschaften.



Quelle: siehe [5]

D. Miller-Effekt

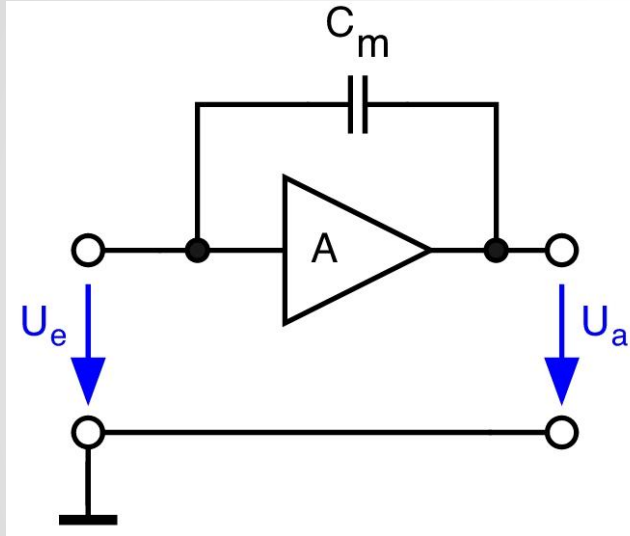


Abb.: Verstärker mit Kapazität zwischen Eingang und Ausgang

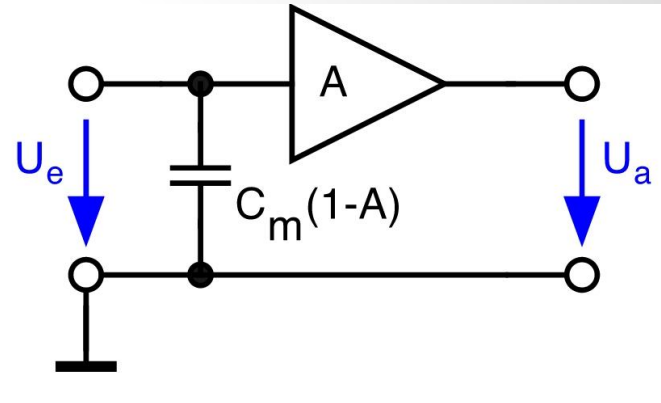


Abb.: Ersatzschaltung mit der effektiv wirksamen Kapazität

3. Rauschen

3.1. Allgemein

3.2. Thermisches Rauschen

3.3. Schrotrauschen

3.1. Allgemein

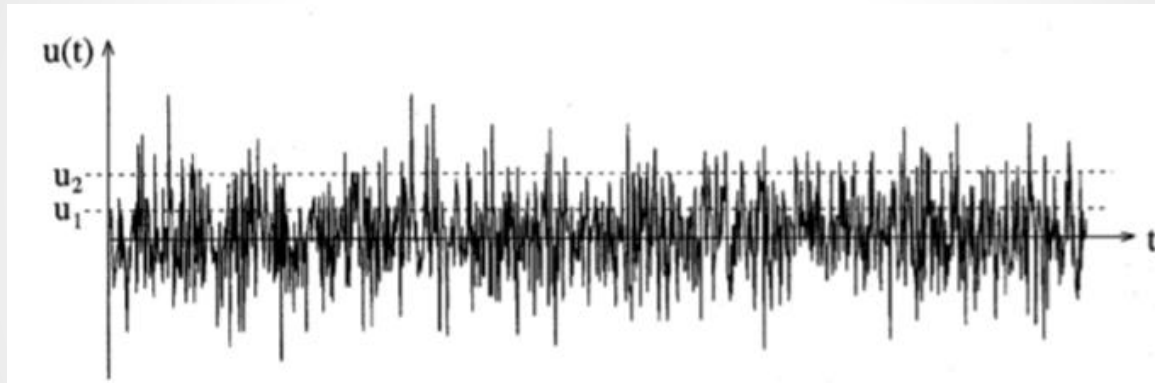


Abb.: stochastisches Rauschsignal, Quelle: siehe [3], RAU/1

3.2. Thermisches Rauschen

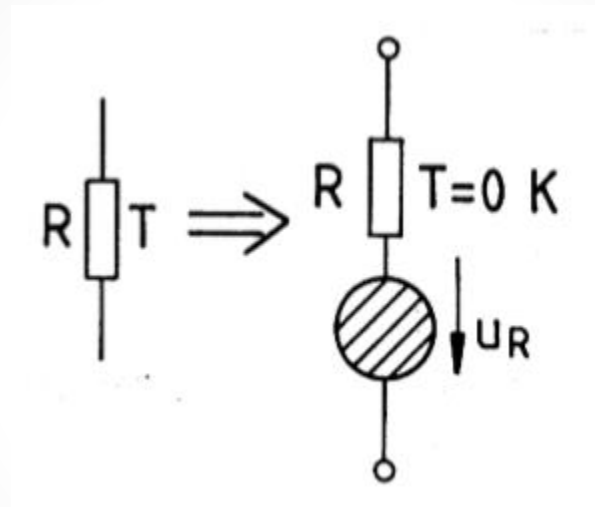


Abb.: Darstellung eines rauschenden Widerstandes mit der Leerlaufspannung $u_R(t)$

Quelle: siehe [2], RAU/7

3.3. Schrotrauschen

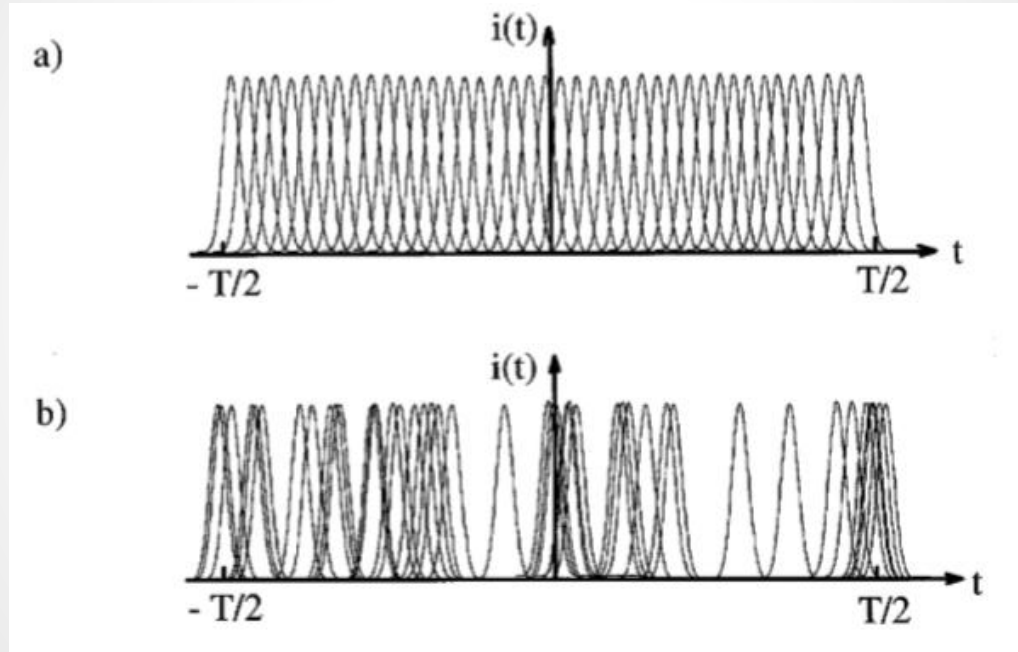


Abb.: Stromfluss mit Stromimpulsen einzelner Ladungsquanten; a) regelmäßiges Auftreten der Stromimpulse, b) unkorrelierte Zeitpunkte t_n der einzelnen Stromimpulse, Quelle: siehe [2], RAU/11

Quellen

- [1] Skript: Elektronik von Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Ackermann
- [2] Skript: Elektronische Bauelemente von R. Großmann und A. Frey
(Hochschule Augsburg)
- [3] Skript: Hochfrequenztechnik I (2013) von Prof. Dr.-Ing. Klaus Petermann
(TU Berlin)
- [4] Wikipedia, unter folgenden Suchbegriffen:
 - Draht-und Schichtwiderstand
 - thermisches Rauschen
 - Miller-Effekt
 - Kunststoff-Folienkondensator
- [5] http://edascript.ims.uni-hannover.de/520b_Extraktion/pdf/08.pdf
http://edascript.ims.uni-hannover.de/520b_Extraktion/pdf/09.pdf