

TA110 Der Pegelwert 120 dB μ V/m entspricht einer elektrischen Feldstärke von ...?

Bei dieser Aufgabe sollte man wissen, dass sich der Pegel auf 1 μ V/m bezieht. Die Frage heißt in uns allen verständlichem Deutsch: Wie groß ist eine Feldstärke, die 120 dB mal so hoch ist wie 1 μ V/m?

Sollte bei der dB-Angabe wie in diesem Beispiel ein Zusatz (μ V, mW...) stehen, so ist der Bezugspunkt immer 1 μ V, 1 mW... Es ist dann die Grundformel für Spannung und Strom bzw. für die Leistung (Faktor 20 bzw. 10) zu wählen. Für Feldstärke- gilt das Gleich wie für Spannungsverhältnisse, da es sich um eine bestimmte Spannung pro Meter handelt (nicht verwechseln mit der Angabe „dBm“, wo hinter sich der Bezug auf Millivolt – mV, Milliampere – mA – oder Milliwatt – mW – verbirgt).

geg.: a = 120dB μ V/m

ges.: el. Feldstärke

$$\frac{U_1 / m}{U_2 / m} = 10^{\frac{u}{20}} = 10^{\frac{120dB}{20}} = 10^6 \text{ (also eine Million)}$$

Ein Mikrovolt ist ein Millionstel Volt, folglich sind eine Million Mikrovolt = **1 V/m**.

Da wir uns an die Exponentialschreibweise gewöhnen wollen, könnte man auch damit brillieren, dass man rechnet: **$1 \cdot 10^{-6} \text{V} \cdot 10^6 = 1 \text{ V/m}$** .

Hier hätte man es sich auch einfach machen können. Es gilt bei Strom- und Spannungsverhältnissen nämlich folgende Reihe: 10fach = 20 dB, 100fach = 40 dB, 1000fach = 60 dB... Wir stellen fest, dass die Zahl vor den Nullen des dB-Wertes geteilt durch 2 die Anzahl der Nullen des jeweiligen Verhältnisses angibt.

Bei 120dB wäre also die 12 durch 2 zu teilen und ergibt 6. Und irgend einmal waren wir in unserer frühen Jugend darauf stolz, dass wir wussten, dass eine Million 6 Nullen hat. Wir sollten solche Erinnerungen wieder auffrischen!

TA111 100 mW entspricht...

0,1 W oder **10^{-1} W**

Bitte prägen Sie sich unbedingt die in der Anlage 1 unter der Überschrift „Größenordnungen“ dargestellten Zusammenhänge ein.

TA112 Ein Sender mit 1 Watt Ausgangsleistung ist an eine Endstufe mit einer Verstärkung von 10 dB angeschlossen. Wie groß ist der Ausgangspegel der Endstufe?

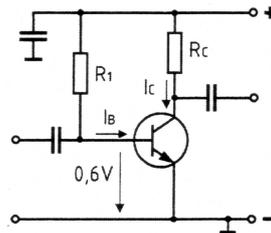
Hier lauert eine Falle! Die vorgegebenen Antworten sehen eine Angabe in **dBm** vor. Das „m“ steht für „milli“, es handelt sich um Leistung. Folglich ist das „m“ **die Abkürzung von Milliwatt**. Die Bezugsbasis ist also 1 Milliwatt.

Eine Leistungsverstärkung von 10 dB macht aus dem einen Watt 10 Watt. Die Antworten erfordern aber einen Pegel in Milliwatt – dBm. (siehe einleitende Bemerkungen bei Aufgabe **TA110!**). Tausend Milliwatt ergeben ein Watt. Ein Leistungsverhältnis von 1000 entspricht bekanntlich 30 dB. Diese sind deshalb zu den 10 dB zu addieren.

Folglich ist die Ausgangsleistung **40 dBm**.

Zur Verdeutlichung: 10 W entsprechen 10.000 mW und ein **Leistungsverhältnis** von 10.000 entspricht **40 dB** (**40 dB bis 49,999... dB** → Eselsbrücke: vier Nullen → Größenordnung **10.000** bis **99.999**). Na, Prinzip erkannt?

TC618 Die Betriebsspannung beträgt 10 V, der Kollektorstrom soll 2 mA betragen, die Gleichstromverstärkung des Transistors beträgt 200. Berechnen Sie den Vorwiderstand R_1 .



U_b = Betriebsspannung
 B = Gleichstromverstärkung

geg.: $U_b = 10 \text{ V}$; $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$; $I_C = 2 \text{ mA}$; $B = 200$

ges.: R_1

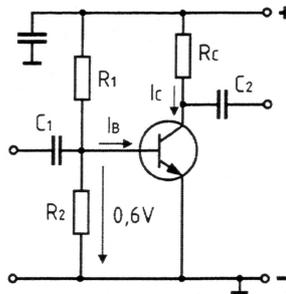
Durch den Vorwiderstand R_1 fließt der Basisstrom I_B . Die Gleichstromverstärkung B des Transistors beträgt 200, folglich ist der Basisstrom

$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{2 \text{ mA}}{200} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ A}}{200} = 0,00001 \text{ A} = \mathbf{0,01 \text{ mA}}$$

An R_1 liegt die Differenz von Betriebsspannung und der Basis-Emitterspannung ($10 \text{ V} - 0,6 \text{ V}$). nun können wir nach dem Ohmschen Gesetz R_1 berechnen.

$$R_1 = \frac{U_b - U_{BE}}{I_B} = \frac{10 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{0,01 \text{ mA}} = \frac{9,4 \text{ V}}{0,01 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 940000 \Omega = \mathbf{940 \text{ k}\Omega}$$

TC619 Die Betriebsspannung beträgt 10 V, der Kollektorstrom soll 2 mA betragen, die Gleichstromverstärkung des Transistors beträgt 200. Durch den Querwiderstand R_2 soll der zehnfache Basisstrom fließen. Berechnen Sie den Vorwiderstand R_1 .



geg.: $U_b = 10 \text{ V}$; $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$; $I_C = 2 \text{ mA}$; $I_{R2} = 10 \cdot I_B$; $B = 200$

ges.: R_1

Zunächst berechnen wir wieder I_B und dann I_{R2} .

$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{2 \text{ mA}}{200} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ A}}{200} = 0,00001 \text{ A} = \mathbf{0,01 \text{ mA}}$$

$$I_{R2} = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 0,01 \text{ mA} = \mathbf{0,1 \text{ mA}}$$

Durch R_1 fließen der Basisstrom I_B und der Strom durch R_2 , d.h. der Basisstrom ist mit dem Strom durch R_2 zu addieren. Wie bei der vorherigen Aufgabe fällt über R_1 die Differenz zwischen der Betriebsspannung und der Basis-Emitterspannung ab. Den Rest erledigen wir wieder mit dem Ohmschen Gesetz.

$$R_1 = \frac{U_b - U_{BE}}{I_{R2} + I_B} = \frac{10 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{0,1 \text{ mA} + 0,01 \text{ mA}} = \frac{9,4 \text{ V}}{0,11 \text{ mA}} = \frac{9,4 \text{ V}}{0,11 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 85454 \Omega = \mathbf{85,5 \text{ k}\Omega}$$

TD217 Welche Bandbreite B hat die Parallelschaltung einer Spule von 2 μH mit einem Kondensator von 60 pF und einem Widerstand von 1 k Ω ?

geg.: $L = 2 \mu\text{H}$, $C = 60 \text{ pF}$, $R = 1 \text{ k}\Omega$ ges.: B

$Q = \frac{f_0}{B}$ Wir müssen zunächst wieder die Resonanzfrequenz und die Güte bestimmen:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot 60 \cdot 10^{-12} \text{ F}}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{1,2 \cdot 10^{-16} \text{ s}}} = \mathbf{14,529 \text{ MHz}}$$

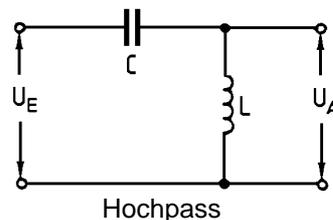
$$Q = \frac{R_p}{x_L} = \frac{R_p}{2\pi \cdot f \cdot L} = \frac{10^3 \Omega}{2\pi \cdot 14,529 \cdot 10^6 \text{ Hz} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ H}} = \frac{10^3}{2\pi \cdot 29,058} = \mathbf{5,5}$$

(siehe Aufgabe **TD 215!**)

Nun errechnen wir mit Hilfe der ermittelten Güte und Resonanzfrequenz die Bandbreite:

$$Q = \frac{f_0}{B} \quad \Rightarrow \quad B = \frac{f_0}{Q} = \frac{14,529 \text{ MHz}}{5,5} = \mathbf{2,64 \text{ MHz}} \quad (\text{Abweichung durch Rundungen})$$

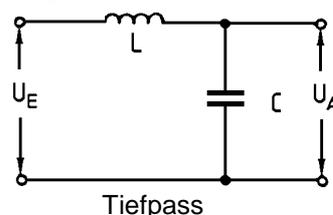
TD 219 Was stellt diese Schaltung dar?



Ein **Kondensator in Flussrichtung des Signals** deutet immer auf einen **Hochpass** hin. Der Kondensator hat bei hohen Frequenzen einen niedrigen, die Spule aber einen hohen Blindwiderstand. Deshalb können die hohen Frequenzen passieren.

Für niedrige Frequenzen hat der Kondensator einen hohen Blindwiderstand und sperrt diese. Der Blindwiderstand der Spule ist in diesem Fall dagegen klein und die niedrigen Frequenzen werden kurzgeschlossen.

TD220 Was stellt diese Schaltung dar?



Eine **Kondensator nach Masse** deutet immer auf einen **Tiefpass** hin.

Die Spule hat bei niedrigen Frequenzen einen niedrigen Blindwiderstand, der Kondensator aber einen hohen. Deshalb können die tiefen Frequenzen passieren, hohe werden gesperrt. Der Blindwiderstand des Kondensators ist bei hohen Frequenzen klein, wodurch diese kurzgeschlossen werden.

1.6 Funkempfänger

1.6.1 Einfach- und Doppelsuperhet-Empfänger

Damit das nötige Verständnis für die Thematik dieses Abschnitts vorhanden ist, sollen hier einige einleitende Erklärungen erfolgen.

Ein Empfänger dient bekanntlich dazu, aus elektromagnetischen Wellen hörbare Signale (ich beschränke mich hier wegen des besseren Verständnisses auf Hörfunkempfänger) zu machen. Die Eingangssignale sind recht klein und müssen deshalb verstärkt werden. Bei einfachen Empfängern geschieht das, indem das gewünschte Signal nach der Antenne von einem Schwingkreis ausgefiltert und dann verstärkt wird. Klassische Empfänger dieser Art sind der legendäre 0V1 und einfache Rundfunkempfänger der 30er und 40er Jahre mit Audion.

Um unerwünschte Signale z.B. von benachbarten Stationen zu unterdrücken, ist es notwendig, weitere Schwingkreise auf der gewünschten Frequenz folgen zu lassen, wobei das Signal weiter verstärkt wird. Da unterschiedliche Sender zwangsläufig auch auf unterschiedlichen Frequenzen senden, muss die Resonanzfrequenz der Schwingkreise im Empfänger veränderlich gestaltet werden. Das geschieht am einfachsten durch Abstimmen mittels mechanisch gekoppelter Drehkondensatoren (Mehrfachdrehkos). Drei Schwingkreise würden so einen Dreifachdrehko, vier einen Vierfachdrehko usw. erfordern. Das hat aber seine Grenzen, denn es wird immer Fertigungstoleranzen zwischen den einzelnen Drehkopaketten geben. Das führt dann dazu, dass jeder Schwingkreis in der Praxis eine geringe Abweichung von der gewollten Resonanzfrequenz hat und so die Bandbreite zunehmen kann, wenn wir die Hüllkurven der einzelnen Resonanzkurven betrachten. Hinzu kommt die Gefahr der Schwingneigung, wenn ein Signal phasengleich auf den Eingang einer Verstärkerstufe einstreuen sollte.

Man suchte deshalb nach Wegen, mit fest abgestimmten Schwingkreisen arbeiten zu können, um so die Selektivität zu erhöhen. Den Durchbruch schaffte man mit dem sogenannten Superheterodynamischen Empfänger (man liebte damals solche Bezeichnungen). Dieser Ausdruck ist heute auf das Wort Super reduziert worden.

Das Prinzip des Supers besteht darin, aus der Eingangsfrequenz und einer Hilfsfrequenz, der Oszillatorfrequenz, eine neue Frequenz, die konstante Zwischenfrequenz (ZF) zu mischen. Da die Eingangsfrequenz je nach Sender unterschiedlich ist, muss auch die Oszillatorfrequenz variabel sein. Der Unterschied zwischen Oszillatorfrequenz und Eingangsfrequenz ist immer so groß wie die ZF. Das erreicht man z.B. durch die Verwendung eines Doppeldrehkos. Ein Paket stimmt auf die Eingangsfrequenz ab und das andere bestimmt die Oszillatorfrequenz.

Dazu einige Beispiele aus dem 80-m-Band:

Zwischenfrequenz 455 kHz

Eingangsfrequenz		3,500 MHz	3,600 MHz	3,700 MHz
Oszillatorfrequenz		3,955 MHz	4,055 MHz	4,155 MHz
	oder	3,045 MHz	3,145 MHz	3,245 MHz
Differenz		0,455 MHz	0,455 MHz	0,455 MHz

Wir stellen fest, welche Frequenz wir auch empfangen, die ZF als Differenz zwischen Eingangs- und Oszillatorfrequenz ist immer gleich. Deshalb ist es nun möglich, über fest abgestimmte Schwingkreise, die Bandfilter, das Signal weiter zu selektieren, d.h. den Empfänger trennschärfer zu machen.

Die Oszillatorfrequenz muss immer um den Betrag der ZF von der Eingangsfrequenz abweichen. Ob sie ober- oder unterhalb der Eingangsfrequenz liegt, ist größtenteils ohne Belang.

Wir können folgenden Zusammenhang feststellen:

$$f_{osz} = f_e \pm f_z$$

Die Größe der ZF ist in der Praxis sehr unterschiedlich und sollte nie kleiner als ein Zehntel der Empfangsfrequenz sein. Auch sollte sie so gewählt werden, dass sie außerhalb benutzter Frequenzen liegt. Eine ZF in einem Rundfunk- oder Amateurband wäre also nicht geeignet.