

FACHHOCHSCHULE DÜSSELDORF

FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK

**Praktikum
Schaltungen & Systeme**

**Versuch 1:
Simulation eines Colpitts-Oszillators mit
ADS**

Prof. Dr. P. Pogatzki
Dipl.-Ing. D. Spengler

Name:

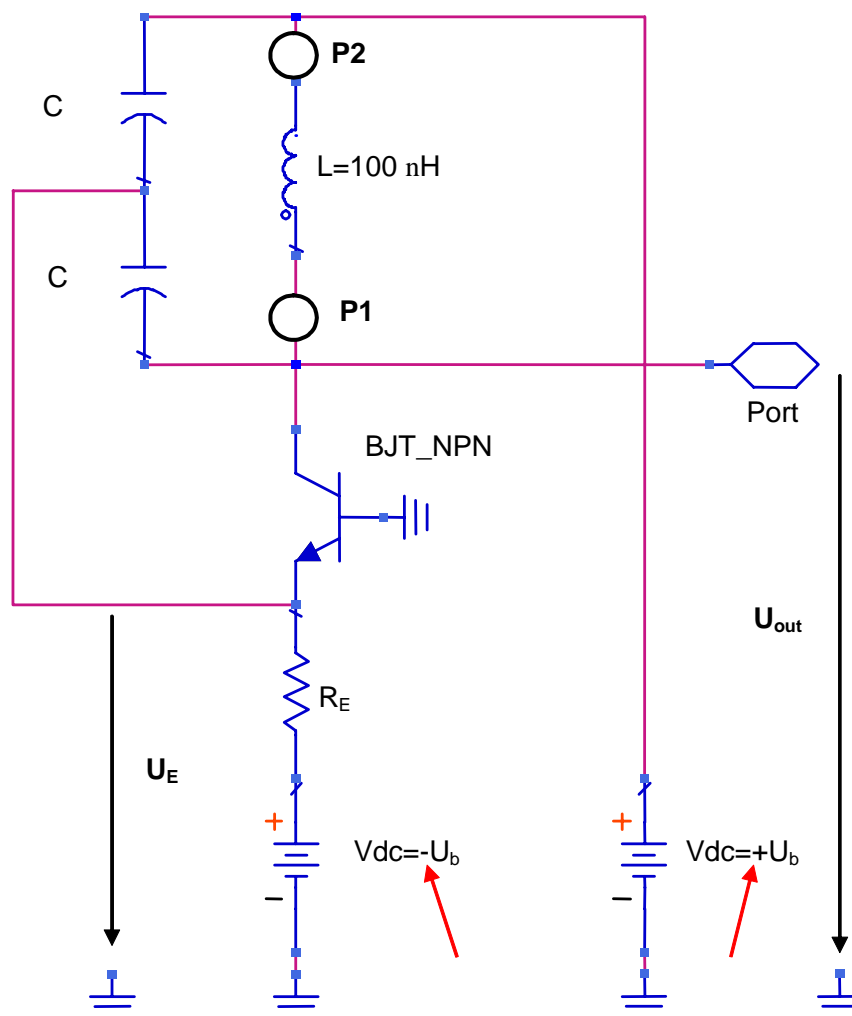
Matr.-Nr.:

Testat:

1. Einleitung

Ergänzend zur Vorlesung soll in diesem Praktikumsversuch die grundsätzliche Funktionsweise eines Colpitts-Oszillators untersucht werden. Ziel des Versuches ist, einige wichtige Eigenschaften des Oszillators wie Anschwingverhalten, spektrale Reinheit und Ausgangsspannung zu bestimmen. Dazu werden Simulationen sowohl im Zeitbereich (*Transient*) als auch im Frequenzbereich (*Harmonic Balance*) durchgeführt. Die grundsätzliche Fähigkeit, mit ADS eine Schaltungssimulation durchzuführen, wird durch das Bild des zu entwerfenden Oszillators im folgenden Bild dargestellt.




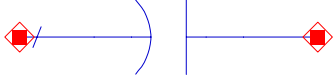


Die Eingabe der Schaltung erfolgt grafisch mittels Schematic-Entry.

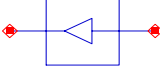
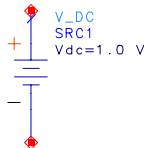
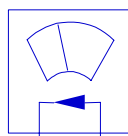


Colpitts-Oszillator

Um die grundlegenden Eigenschaften des Oszillators untersuchen zu können, sind verschiedene Elemente für die Schaltungsbeschreibung notwendig. Die folgende Liste gibt eine sinnvolle Auswahl an Elementen für diese Aufgabe an.

Eine genaue Beschreibung der einzelnen Elemente ist dem Online-Help von ADS zu entnehmen.

Name	Schematic-Symbol
Resistor	 <p>R R1 R=5.0e-008 GOhm</p>
BJT	 <p>BJT_NPN BJT1 Model=BJT_NM1 Areg= Region= Temp= Mode=nonlinear</p>
BJT-Model	 <pre>BJT_Model BJT1 NPN=yes Br= Cjc= Rc= PNP=no Ikr= Vjc= Kf= Bf= Isc= Mjc= Af= Ikf= Nc= Xcjc= Kb= Ise= Var= Fc= Ab= Nc= Nv= Cje= Fb= Vof= Tr= Vje= Ffe= Nf= Eg= Mje= Lateral=no Tf= Is= Cjs= AllParams= Xtf= Imax= Vjs= Vtf= Xti= Mjs= ltf= Tnom= Rb= Plf= Nk= Irb= Xtb= Iss= Rbm= Approx=yes Ns= Re=</pre>
Capacitor	 <p>C C1 C=1.0 pF</p>
DC Simulation	 <p>DC DC1 SweepVar="VBE" Start=1 Stop=10 Step=1</p>
TimeDomain Simulation	 <p>Tran Tran1 StopTime=100.0 nsec MaxTimeStep=1.0 nsec</p>

<p>Harmonic-Balance Simulation</p>	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">HARMONIC BALANCE</div> <pre> HarmonicBalance HB1 MaxOrder=4 Freq[1]=1.0 GHz Order[1]=3 UseKrylov= SweepVar="RFpower" Start=1 Stop=10 Step=1 </pre>
<p>Osc-Port</p>	 <pre> OscPort Osc1 V= Z=1.1 Ohm NumOctaves=2 Steps=10 FundIndex=1 MaxLoopGainStep= </pre>
<p>V-DC</p>	 <pre> V_DC SRC1 Vdc=1.0 V </pre>
<p>I-Probe</p>	 <pre> I_Probe I_Probe1 </pre>
<p>Var</p>	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block; margin-right: 10px;">Var Eqn</div> <pre> VAR _VAR1 UT1=5 </pre>

2. Versuchsvorbereitung

- Bestimmen Sie den Widerstand R_E des Oszillators so, daß ein Kollektorstrom von 1mA im Arbeitspunkt fließt! Verwenden Sie dazu die folgenden Angaben:

$$I_C = I_S \cdot \exp\left(\frac{U_{BE}}{U_T}\right) \quad U_T = 25mV \quad I_S = 10^{-16}A \quad U_A \rightarrow \infty \quad \beta = B = 100 \approx 101$$
$$U_b = 5V$$

- Zeichnen Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild bzgl. der Klemmen P1-P2, wenn die **Spule L nicht vorhanden** ist! Vernachlässigen Sie parasitäre Kapazitäten des Transistors!
- Berechnen Sie allgemein den **Eingangswiderstand** z_{ein} der Schaltung bzgl. der Klemmen P1-P2, wenn die Spule L nicht vorhanden ist und die folgende Annahme gilt.

$$S \gg G_E = \frac{1}{R_E}$$

- Dimensionieren Sie die Kapazität C so, daß der Oszillator mit 5 MHz schwingt!

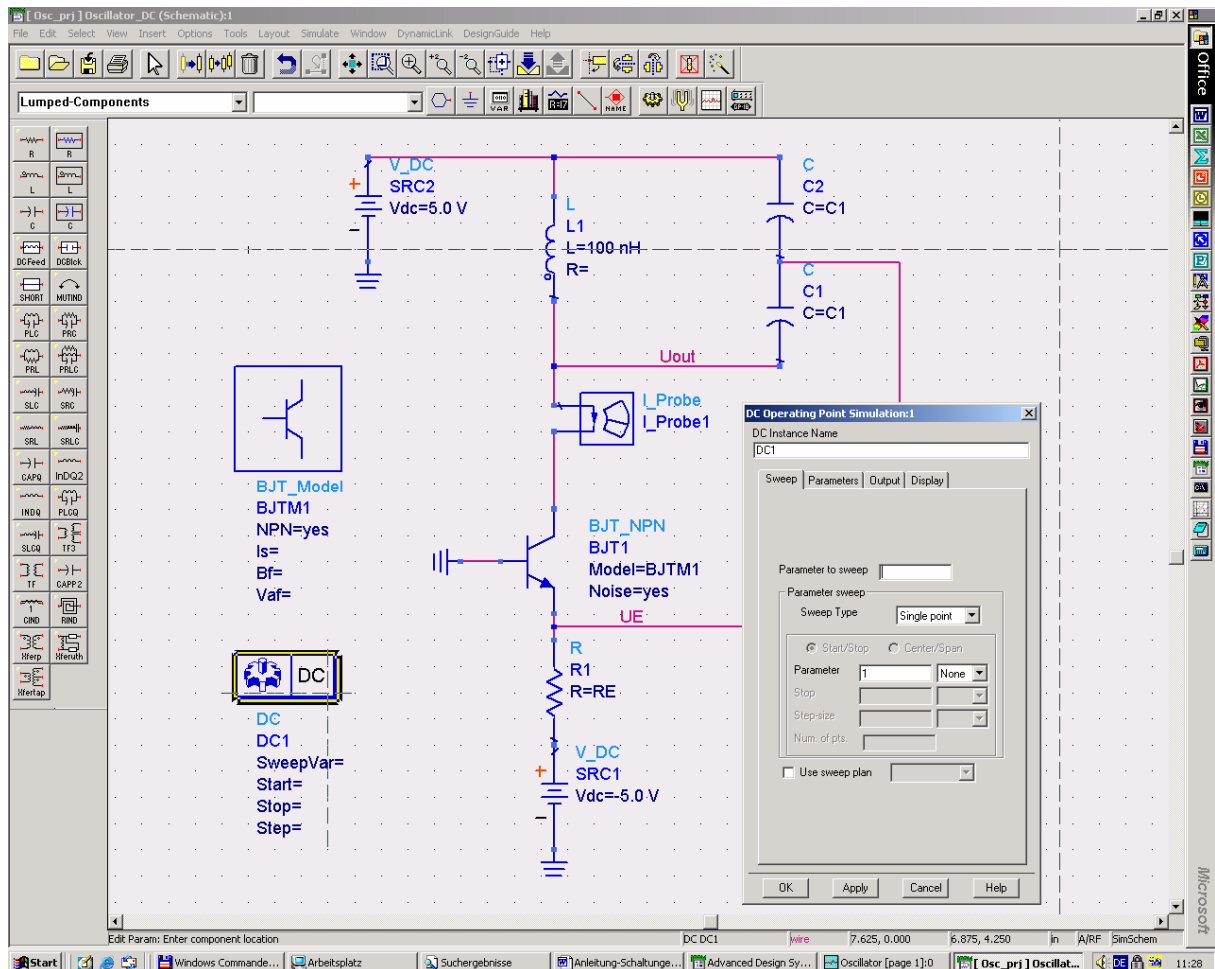
3. Versuchsdurchführung

Der Versuch gliedert sich in 3 Abschnitte. Zunächst soll der berechnete Arbeitspunkt überprüft werden. Danach wird das Verhalten des Oszillators im Zeitbereich simuliert. Im letzten Teil wird allein der eingeschwungene Zustand des Oszillators im Frequenzbereich untersucht.

3.1. Aufbau des Oszillators

Geben Sie die Oszillatorschaltung mit den zuvor ermittelten Werten in ADS ein. Überprüfen Sie Ihren Entwurf, in dem Sie den Kollektor-Strom des Transistors mittels einer **DC-Simulation** messen (siehe nächstes Bild). Dabei **muß** die Spule vorhanden sein!

Verwenden Sie zur Berechnung des Stromes das Element I_{Probe} . Falls Sie mit Ihrem Entwurf nicht zufrieden sind, optimieren Sie den Widerstand mit Hilfe der zuvor durchgeführten Simulationsergebnisse.



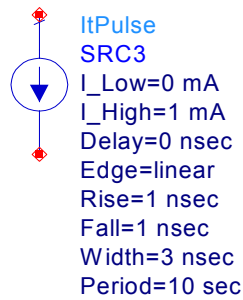
Schematic für DC-Simulation

3.2. Simulation im Zeitbereich

Wechseln Sie nun vom Modus **DC-Simulation** in den Modus **Transient**.

In diesem Modus berechnet ADS die Schaltung durch Lösen von Differenzgleichungen (Zeitbereich). Die zeitliche Schrittweite sowie der Simulationszeitraum können am Controller Transient eingestellt werden. Es ist darauf zu achten, daß je Periode der zu erwartenden Schwingung genügend Abtastwerte generiert werden (die Einhaltung des Nyquist-Kriteriums reicht hier nicht). Es muß also eine gute Balance zwischen „Genauigkeit=hohe Rechenzeit“ und Schnelligkeit gewählt werden.

Der Oszillator schwingt in der Realität nur an, da er von außen durch eine Störung angestoßen wird. Diese Störung kann beispielsweise das Einschalten der Speisespannung oder das Rauschen von Widerständen oder Transistoren sein. Diese Effekte werden aber bei einer **Transient-Simulation** nicht berücksichtigt. Daher muß eine künstliche Störung herbeigeführt werden. Dieses geschieht am einfachsten mittels eines kurzen Stromimpulses. Ein derartiger Impuls kann mit dem nachstehenden ADS-Element *ItPulse* erzeugt werden.



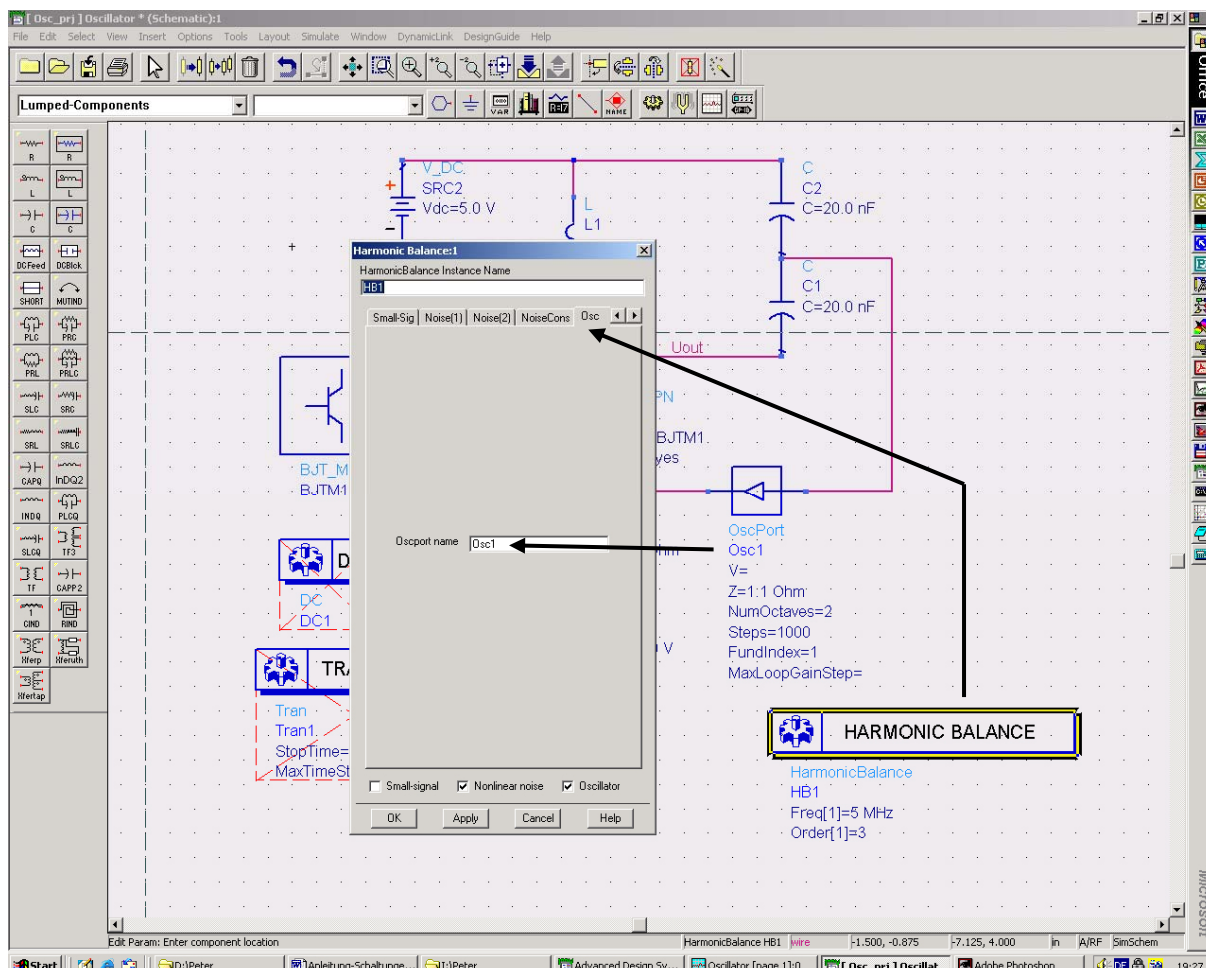
Element zur Erzeugung eines Stromimpulses

Bringen Sie nun das Element *ItPulse* an geeigneter Stelle in die Schaltung ein und führen Sie eine Simulation durch! Prüfen Sie, ob die Schaltung anschwingt. Modifizieren Sie eventuell den Einbau des Impulsgebers. Wenn Sie mit Ihrem Simulationsergebnis zufrieden sind, führen Sie die folgenden Untersuchungen durch:

- Untersuchen Sie das Anschwingverhalten des Oszillators als Funktion des Widerstandes R_E
- Untersuchen Sie das Anschwingverhalten des Oszillators als Funktion der Betriebsspannung
- Bestimmen Sie Form und Amplitude der Ausgangsspannung des Oszillators (Spannung am Kollektor) in Abhängigkeit von R_E
- Bestimmen Sie Form und Amplitude der Ausgangsspannung des Oszillators (Spannung am Kollektor) in Abhängigkeit der Betriebsspannung
- Begründen Sie den Wert der maximalen Ausgangsspannung

3.3. Simulation im Frequenzbereich

Es soll nun mittels einer Harmonic-Balance-Simulation das Ausgangsspektrum des Oszillators untersucht werden. Dazu wird neben dem HarmonicBalance-Controller ein weiteres Element in die Schaltung gemäß dem folgenden Bild eingefügt: Der *OscPort*



Schematic für Harmonic-Balance-Simulation

Im HarmonicBalance-Controller wird der Modus Oscillator angewählt und die entsprechenden Parameter eingestellt. *Die Bedeutung dieser Parameter kann der Help-Funktion entnommen werden.*

Experimentieren Sie mit den Einstellungen des Controllers, deaktivieren Sie aber zuvor den Transient-Controller.

- Berechnen Sie das Spektrum für verschiedene Werte von R_E
- Bestimmen Sie den Einfluß der Speisespannung auf das Spektrum