HTL anichstraße
Elektronik · Elektrotechnik · Maschinenbau · Wirtschaftsingenieure

htl bildung mit zukunft

Experimental-

Labor^{Xh}

n18ab v.061ab'2223 XcB

GoetL - KN - YH - XH

Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt Anichstrasse
Abteilung
Elektronik & Technische Informatik

Ausgeführt im Schuljahr 2021/22 von:

Jong Long Line
Alec Trode
Heath Sink

Betreuer/Betreuerin:

Prof. Fah Leaks Beller
Dr. Hah Lee Piercer
Dr. Leaouh Getch
Ex Age Humpel OSB

Projektpartner:
Fa. OOP Orbad Ohne Plan,
Umbriggler Alm

Innsbruck, am 01.Apr.0815

Abgabevermerk:

Datum:
99.Dez.2^{15}*-1*

Betreuer/in:
Schnapsi Murgs

Inhaltsverzeichnis

eigenes Altium-Modell 61
Altium-Modell-Parameter ändern 61

02Feb'23: Ausfall XH
09Feb'23: FirmenMentorenTag XH
16Feb'23: Sem.Ferien
23Feb'23: Neue Übungen 13

1 XH- Labormodus 5xHEL2223 XH A4xx 4

2 eLab Einteilung KN/WiK 5

3 > > KU3+KU4 < < 6

4 Tests absolvieren 10

5 Diplomschriften (DS) gestalten 10

6 . . . ich möchte euch bitten [KU] 12

7 > > Übungen 5Feb'23: < < 13

8 Zusendungen XaJ 17

9 22Dez'22: das mit dem Puls-Spektrum (YH) 18

10 Vorschlag1: CLIL 19

11 Vorschlag2: Simulation CMOS eigenes Modell 19

→ 23Nov'22:neues Kapitel *'OPamp mit Laurenz'* im Hwe-PDF

12 Zusendungen 20

13 SMPS - switched mode power supply I 21
13.1 Spule 22
13.2 SMPS + PWM + PwrMOS + NE555 23
13.2.1 Aufgabe-1:NE555 23
13.2.2 Aufgabe-2: Ferrit-Ringkern 23
13.2.3 Aufgabe-3: PWM/PFM . . . 25
13.2.4 Aufgabe-3a: Erzeuge Rampensignale 25
13.2.5 Aufgabe-3b: Erzeuge PWM 25
13.2.6 Aufgabe-3c: Ansteuerung PwrMosFET 25
13.3 SMPS switched mode power supply, Schaltwandler, Schaltnetzteil . 26
13.3.1 Prinzip Abwärtswandler (buck converter): 27
13.3.2 Gleichnis: 28
13.3.3 boost converter, Aufwärtswandler: 28
13.3.4 buck/boost inverter, Inverswandler: 29
13.3.5 Vom buck zum flyback, Sperrwandler: 29
13.3.6 Transformator-Wandler . . 31
13.3.7 Gegentakt-Wandler 33
13.4 Handhabung von Power-HexMosFET 34
13.4.1 Primitiv-Schaltung: 35
13.4.2 $V_{GS,th}$ - Messung: 35
13.4.3 Gate-Treiber für Power MosFET 35
13.4.4 Verlustleistungs-Berechnungs-Reparaturanleitung 36
13.5 (Drossel-)Spule schalten, L*$\partial I/\partial t$. 38
13.6 Capacitor C und Induktor L mit PWM 39
13.7 Design of the Drossel- /Trafospule 41
13.7.1 se story of Magnetfeld . . . 41
13.7.2 (Selbst-) Induktion (inductive Kickback) 41
13.7.3 Kernmaterial 42
13.7.4 some Designrulez 43
13.7.5 Aufgabe-3d: DC/DC Wandlung mit Drosselspule . . . 45
13.8 Solarwandlerschaltung 46
13.9 PWM Regelung + ICs 47
13.9.1 SMPS mit SG3524 47
13.9.2 SG3524 typical application 47
13.9.3 SMPS mit Ne555 47
13.9.4 SMPS mit uC (micro ontroller) 48
13.9.5 Argumentation 48
13.10 Ladungspumpe (*charge pump, voltage multiplier*), ICL7660-MAX1044-MAX680 49
13.10.1 Spannungsverdoppler (Villard) 49
13.10.2 Inverter 49
13.10.3 Spannungsvervielfacher (Greinacher) 49
13.11 Aufgabe-4: eMotor 50
13.12 Aufgabe-5: LED Betrieb 50
13.13 Aufgabe-6: Stromversorgung . . . 51
13.14 Digitalendstufe (class D Audio Amp) 52
13.14.1 Class D Audio Amp 52
13.15 SMPS-II: Sperrwandler 53
13.16 SMPS-III: LED-Stromversorgung . 54
13.17 SMPS-IV: Abschirmung 55

14 Audio-Power-Amp dimensionieren/berechnen 56

15 Alain Fouriers Partnervermittlung 57

16 negative Frequenz, 20Jan22 58

I SPICE 62
17.1 SPICE net list ngSPICE Simulator 62
17.2 LTSpice 64
17.3 EGS Amp SPICE net list 64
17.3.1 the circuit 64
17.3.2 AC sweeping the EGS . . . 64
17.3.3 EGS at ramp input 65

II data shiits 70

18 MosFetHfAmp 74

19 XH-Labor Experimente 76
19.1 Signal-Symmetriertrafos 76

III Auswertung 77

20 Oszilloskop-EigenAnstiegsZeit 77

21 xy-DG 'datavisualization' 78

22 zur Beurteilung von Labor-Abgaben 79
22.1 Projektplanungs-Dokumente . . . 79
22.2 Dokumente e. Labormessaufgabe . 79
22.3 ges.Bestimmungen 79

23 Vorwort 'se foreword' 80
23.1 der *obelix* Account 80
23.1.1 Aufbau of se user name . . 80
23.2 remote Login zum Linux Server (zB obelix) 81
23.3 C-Programmcodeeingabe am 'obelix' 81
23.4 C-Code XH- Abgabe ins 'gibXH' am 'obelix' 82
23.5 C-Compilieren am 'obelix' 82
23.6 compiliertes C-Programm ausführen am 'obelix' 82
23.7 C++ Compilieren am 'obelix' . . . 82
23.8 Windows Netzlaufwerk mappen . 83
23.9 Password 83

24 ©copyrights, Haftungsausschluss 84

1 XH- Labormodus 5xHEL2223 XH A4xx

- Dateinamen (file names) mit Blanks, Üömläutern und anderen landeßsprachlichen Sonderzeichen sind *unprofessionell*. File names aint no abstract!
- Es ist eine händische Unterrichtsmitschrift zu führen, wünschenswerterweise in einem Schulheft (Art/Format beliebig, auch Mehrfachnutzung)
- Das **eigene** Bauteilset und das **eigene** Steckbrett mitbringen und verwenden.
- Vorbereitung, Entwicklung, Dimensionierung, Auswertung, lfd. Dokumentation und Abgabe sind in Einzelarbeit (=keine Teams/Gruppen) zu erbringen.
- Reine Laborexperimente und -messungen können als Teams beliebiger Zusammensetzung abgewickelt werden — *"Reine"* heisst hier, dass die vollständige Experiment**vorbereitung** bereits in Einzelarbeit (dokumentiert) vorliegt und bei der Laborlehrperson vorgewiesen werden kann (incl. erforderliche Bauteile, Steckbrett, Drähte/Stecker, DMM, Netzadapter, Computermodule odgl) und die Auswertung (Messwertprotokolle/Tabellen, Diagramm, Fehlerrechnung) ausschließlich höchstpersönlich in Einzelarbeit erfolgt.
- *"**vorgetäuschte Leistungen** dürfen nicht beurteilt werden"*,
  d.h. nicht klar Zuordenbares oder nicht wie Eigenleistung Wirkendes sind als nicht vorhanden zu ignorieren (*'**unbeurteilt**'*).
- Abgabemodus Experimentlabor (XH):
  - sämtliche Aufbauten, Beobachtungen, Messungen (fehlerhafte wie richtige) sind in der händischen Unterrichtsmitschrift zu protokollieren. Erkenntnisse, Dimensionierungsrechnungen, Diagramme, Auswertungen, Messfehleranalysen sind beizuschliessen. Diese händische Unterrichtsmitschrift ist rechtzeitig vor Unterrichtsende zur Mitarbeitsbewertung vorzulegen.
- Zum Zyklusende ist anhand der händisch aufgezeichneten Aufbau- und Messprotokolle unverzüglich ein vorbildlicher Gesamt-Laborbericht zu erstellen und als (vorzugsweise LaTeX-)PDF per eMail an XH (c.schoenherr (at) tsn.at) zu senden.

Dateinamen (file names) mit Blanks, Üömläutern und anderen landeßsprachlichen Sonderzeichen sind *unprofessionell*. File names aint no abstract!

2 eLab Einteilung KN/WiK

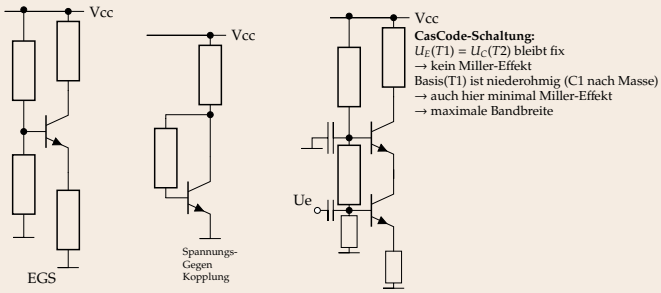
		GoetL	KlinF	SchoC	StecH	
1	9/22/2022	KLOPQR	MNSTU			1
2	9/29/2022	KLOPQR	MNSTU			2
3	10/6/2022	KLOPQR	MNSTU			3
4	###	KLOPQR	MNSTU			4
5	###	KLOPQR	MNSTU			5
	### Herbstferien					6
6	11/3/2022	KLOPQR	MNSTU			7
7	###	MNSTU	KLOPQR			8
8	###	MNSTU	KLOPQR			9
9	###	MNSTU	KLOPQR			10
10	12/1/2022	MNSTU	KLOPQR			11
	12/8/2022 Maria Empfängnis					12
11	###	MNSTU	KLOPQR			13
12	###	MNSTU	KLOPQR			14
	### Weihnachten					15
	1/5/2023 Weihnachten					16
13	1/12/2023			MNSTU	KLOPQR	17
14	1/19/2023			MNSTU	KLOPQR	18
15	1/26/2023			MNSTU	KLOPQR	19
16	2/2/2023			MNSTU	KLOPQR	20
17	2/9/2023			MNSTU	KLOPQR	
	2/16/2023 Semesterferien					
18	2/23/2023			MNSTU	KLOPQR	
19	3/2/2023			MNSTU	KLOPQR	
20	3/9/2023			MNSTU	KLOPQR	
21	3/16/2023			MNSTU	KLOPQR	
22	3/23/2023			MNSTU	KLOPQR	
23	3/30/2023			MNSTU	KLOPQR	
	4/6/2023 Osterferien			MNSTU	KLOPQR	
24	4/13/2023			MNSTU	KLOPQR	
25	4/20/2023	Reserve				
26	4/27/2023	Reserve				

A 5AHEL Angerer Simon
A 5AHEL Arslan Hakan
B 5AHEL Azemi Florian
B 5AHEL Christl Jacob
C 5AHEL Colic Marko
C 5AHEL Edelmann Patrick
D 5AHEL Gaspari Elias
D 5AHEL Gasser Arian
E 5AHEL Haberl Maximilian
E 5AHEL Isik Macit
F 5AHEL Jankovic Jovan
F 5AHEL Kolakovic Marco
G 5AHEL Louis Christian
G 5AHEL Mitterdorfer Michael
H 5AHEL Plangger Simon
H 5AHEL Preissler Matthias
I 5AHEL Sarac Yunus
I 5AHEL Stockner Simon
J 5AHEL Vötter Florian
J 5AHEL Weber Linus

21 K 5AHEL Westram Lukas
22 K 5AHEL Yüksel Tahir
23 L 5AHEL Wirtenberger Matteo
24 L 5BHEL Arquilliere Léon
25 M 5BHEL Berger Lara
26 M 5BHEL Dallmann Finn
27 N 5BHEL Fiegl Angelika
28 N 5BHEL Grießer Lucas
29 O 5BHEL Gugerbauer Lucas
30 O 5BHEL Hafner Thomas
31 P 5BHEL Hairer Jonas
32 P 5BHEL Kätzler Valentin
33 Q 5BHEL Kövér-Draxl Christian
34 Q 5BHEL Mair Samuel
35 R 5BHEL Moosbrugger Martin
36 R 5BHEL Moser Matteo
37 S 5BHEL Mumelter Viktor
38 S 5BHEL Pabst Emma
39 T 5BHEL Pitscheider Mathias
40 T 5BHEL Raffl Manuel
41 U 5BHEL Schneider Georg
42 U 5BHEL Schuler Philipp

3 > > KU3+KU4 < <

- **Transistor-3:**
  zu simulieren:
- Vergleich des Verstärkungsverhaltens von gegen.- und nichtgegengekoppelten Verstärkern.



CasCode-Schaltung:
$U_E(T1) = U_C(T2)$ bleibt fix
→ kein Miller-Effekt
Basis(T1) ist niederohmig (C1 nach Masse)
→ auch hier minimal Miller-Effekt
→ maximale Bandbreite

- (XH:) Ermittle bei obigen 3 Schaltungen jeweils simulatorisch:
  (1) das PSRR = power supply rejection ratio (DC-Analyse)
  ermittle $PSRR = \Delta Ua / \Delta Vcc$ bei $\Delta Vcc = 1\%$
  (2) v_U und -3dB_Bandbreite aus AC-Analyse
- Vergleich der Aussteuergrenzen von gegen.- und nichtgegengekoppelten Verstärkern (Emitterschaltung):
  → da ohne Gegenkopplung die Arbeitspunkteinstellung nicht gelingt (auch OP sind dabei 'tot'), unterlassen wir dies, sowie
  * Ein.- und Ausgangswiderstand eines nichtgegengekoppelten EGS-Verstärkers
  * Untersuchung des Frequenzverhaltens eines nichtgegengekoppelten EGS-Verstärkers
- ~~Gerätebedarf: 2 NG (15 V), DMM, 1Oszilloskop, 1 Bipolar-Transistor, 1 FET,~~
  →für Simulation irrelevant
- ~~Berechnung der Arbeitspunktes eines Transistorverstärkers~~ Für die angegebenen Arbeitspunktdaten sind die Widerstände zu bestimmen: EGS: Vcc=12V Ic=2mA
  →haben wir ausreichend geübt

- ~~Arbeitspunkteinstellung im Kennlinienfeld (Transistor1) und Ermittlung~~ der Kleinsigalparameter im Arbeitspunkt. Für die berechneten Werte ist der Arbeitspunkt im, in der Übung Transistor 1 aufgenommenen Kennlinienfeld einzuzeichnen und die Transistorparameter zu ermitteln

  s =? rCE =?
- Näherungsweise Errechnung der Verstärkungen. Für die Fälle Verstärker ohne Gegenkopplung (mit und ohne Belastung) und Verstärker mit Gegenkopplung (mit und ohne Belastung) sind die Verstärkungen zu ermitteln.

  1: ohne Gegenkopplung, ohne Last ($v_S = -\frac{Rc||rCE}{rE}$)
  2: ohne Gegenkopplung, mit Last ($v_S = -\frac{Rx||rCE||R_L}{rE}$); R_L sei = 10k
  3: mit Gegenkopplung, ohne Last ($v_S = -\frac{Rc||rCE}{rE + R_E}$)
  4: mit Gegenkopplung, mit Last ($v_S = -\frac{Rc||rCE||R_L}{rE + R_E}$); R_L sei = 10k

  → erübrigt sich aufgrund bisheriger Übungen
- ~~Messung der Verstärkungen (Kleinsignalverhalten):~~

  →sind aus der AC-Analyse ablesbar)

  Die berechneten Verstärkungen sind durch ~~Messung~~ Simulation zu überprüfen.

  In die Messschaltung sind die Werte für der Bauteile, der verwendete Transistor, die Versorgungsspannung anzugeben und die verwendeten Messgeräte einzuzeichnen

  Vorgaben Ce=1uF Ca=10uF CE=47uF fe=1kHz RL=10k
- Messanweisung: Die Verstärkerschaltung ist mit den angegebenen Kondensatorwerten zu beschalten. Am Eingang ist die angegebene Frequenz fe einzustellen und die Amplitude so zu wählen, dass sich am Ausgang Kleinsignalverhalten einstellt (uaSpitze < uamax/5). Es ist zu überprüfen ob die Phasendrehung zuwischen ue und ua 180° beträgt.

  Messwerttabelle
  Schaltung 1: ohne Gegenkopplung, ohne Last Schaltung
  2: ohne Gegenkopplung, mit Last
  Schaltung 3: mit Gegenkopplung, ohne Last Schaltung
  4: mit Gegenkopplung, mit Last
  Diskussion: Wie genau stimmen die gemessenen Werte mit den berechneten überein (prozentueller Fehler)? Worauf können etwaige signifikante Abweichungen (>5%) zurückgeführt werden ?
- Untersuchung des Großsignalverhaltens (Aussteuergrenzen) der Verstärkerschaltungen:

  Die Beobachtung kleiner Verzerrungen ist am Oszilloskop an Sinus-Signalen Unfug. Viel besser eignen sich Rampen-Signale (Sägezahn). In die Messschaltung sind die Werte für der Bauteile, der verwendete Transistor, die Versorgungsspannung anzugeben und die verwendeten Messgeräte einzuzeichnen

  Messanweisung: Am Eingang ist die angegebene Frequenz fe einzustellen und die Amplitude zu erhöhen bis das Ausgangssignal sowohl in der positiven als auch der negativen Halbwelle begrenzt wird.

  Messwerttabelle:

  Schaltung 1: ohne Gegenkopplung, ohne Last Schaltung

  2: ohne Gegenkopplung, mit Last

  Schaltung 3: mit Gegenkopplung, ohne Last

  Schaltung 4: mit Gegenkopplung, mit Last
- Messung von Ein.- und Ausgangswiderstand der unbelasteten Emitterschaltung: Es sind der dynamische Ein.- und Ausgangswiderstand der Emitterschaltung zu messen. In die Messschaltung sind die Werte für der Bauteile, der verwendete Transistor, die Versorgungsspannung (Amplitude, Frequenz) anzugeben und die verwendeten Messgeräte einzuzeichnen

  Messanweisung: Die Widerstandswerte werden bei Kleinsignalaussteuerung am Ausgang und einer geeigneten Mittenfrequenz fm aufgenommen. Für Kleinsignalaussteuerung sollte versucht werden, den Ausgang auf etwa 20% (1/5) von uamax zu halten und dazu die Amplitude der Eingangsspannung entsprechend einzustellen. Die Mittenfrequenz ist dadurch gekennzeichnet, dass die Phasendrehung 180° beträgt.
- Bestimmung der Eingangswiderstands r_ein(fm) der Schaltung: Das Potentiometer P wird kurzgeschlossen und die zugehörige Ausgangsspannung gemessen. Anschließend wird der Wert von P solange erhöht, bis sich die Ausgangsspannung auf die Hälfte, des bei Kurzschluss gemessenen Wertes verringert. In diesem Fall gilt: P = r_ein(fm). Ein.- und Ausgangssignal sind am Oszilloskop zu kontrollieren
- Bestimmung der Ausgangswiderstands r_out(fm) der Schaltung: Das Potentiometer P wird vom Ausgang abgeklemmt (Leerlauf des Ausgangs) und die zugehörige Ausgangsspannung gemessen. Anschließend wird P angeschlossen und der Wert von P solange erniedrigt, bis sich die Ausgangsspannung auf die Hälfte, des bei Leerlauf gemessenen Wertes verringert. In diesem Fall gilt: P = r_out(fm). Ein.- und Ausgangssignal sind am Oszilloskop zu kontrollieren
- Untersuchung des Frequenzverhaltens der unbelasteten Emitterschaltung: Es ist das Bodedigramm der Verstärkung aufzunehmen. In die Messschaltung sind die Werte für der Bauteile, der verwendete Transistor, die Versorgungsspannung anzugeben und die verwendeten Messgeräte einzuzeichnen.

  Messanweisung: Alle Messpunkte werden bei Kleinsignalaussteuerung am Ausgang aufgenommen. Dazu sollte versucht werden, den Ausgang auf etwa 20% (1/5) von uamax zu halten und die Amplitude der Eingangsspannung für jede Frequenz entsprechend einzustellen. Bestimme die Betrag und Phase der Verstärkung bei einer geeigneten Mittenfrequenz fm. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass die Phasendrehung 180° beträgt.

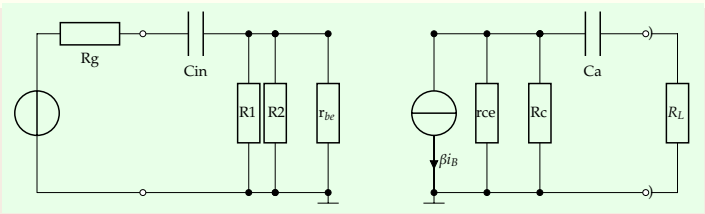
  Bestimmung der Grenzfrequenzen der Schaltung: Ausgehend von fm wird die Frequenz erniedrigt, bis die Ausgangsspannung um 3dB (auf 71%) absinkt (bzw. die Phase sich auf -180+45=-135° dreht) -> untere Grenzfrequenz fgu. Ausgehend von fm wird die Frequenz erhöht, bis die Ausgangsspannung um 3dB absinkt (bzw. die Phase sich auf -180-45=-225° dreht) -> obere Grenzfrequenz fgo.

  Bestimmung von geeigneten Messpunkten des Bodediagramms: Ausgehend von fgu wird die Frequenz in 10-Schritten (1/10 fgu , 10 fgu, 100 fgu ..) erhöht (bis maximal fgo) bzw. erniedrigt und die zugehörigen Werte aufgenommen. Im der Dekade oberhalb und unterhalb sollten zusätzliche Werte (bei 0.2 f gu, 0.5fgu , 0.7 fgu bzw 2 fgu, 5fgu, 7fgu) aufgenommen werden. Graphische Darstellung der Messwerte (Bodediagramm)

  Beschreibung des Messvorgangs: Diskussion: Wie genau stimmen die gemessenen Werte mit den zu erwartenden überein (prozentueller Fehler)? Worauf können etwaige signifikante Abweichungen (>5%) zurückgeführt werden?
- **Transistor-4 Lehrziele:**

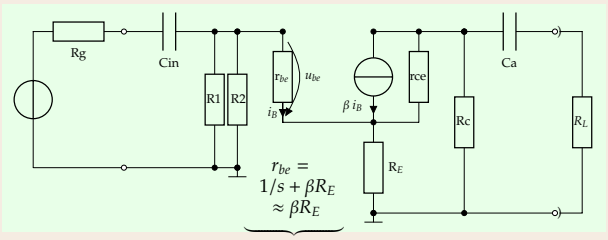
  zu simulieren:
  - simuliere die EGS ohne Caps
  - schalte eine $C_{CB=Collector-Basis}Capacity$ von 35p dazu
  - schalte eine $C_{BE=Basis-Emitter}Capacity$ von 90p dazu
  - die $C_{CE=Collector-Emitter}Capacity$ lassen wir wegen Bedeutungslosigkeit weg
  - da diese Caps ums 10-Fache zu groß sind, sinkt die Datenblatt-Transitfrequenz $f_T \approx 100..300MHz$ auf ca. 1/10
  - mache eine 'AC-Analyse' (=Bode-Diagramm)
  - entnimm weitere KU-Wünsche dem Bode-Diagramm

  Kennenlernen der typischen Transistorkapazitäten und die Auswirkung der Millerkapazität auf das Grenzfrequenzverhalten einer Emittergrundschaltung. **Theorie-voraussetzung:** Kenntnis des Transistor-HF-Ersatzschaltbildes und der inneren Transistorkapazitäten, Millertheorem, Grundkenntnisse zum Tiefpassverhalten von Schaltungen. Literatur: Böhmer/Bauelemente der Elektronik, Kapitel "Hochfrequenzverhalten der EGS" und "Kaskode". (richtig: **'CasCode'-Schaltung** von **Cas**caded **C**ath**ode**)



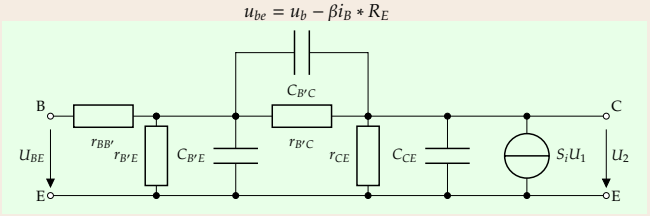
Klein signal ersatz schaltung

$$\underbrace{Rg + X_{Cin}}_{(Rg + X_{Cin})} \quad \| \quad \underbrace{R1 \,\|R2\| \, r_{be}}_{R1 \,\|\, R2 \,\|\, r_{be}} \qquad \underbrace{r_{CE} \,\|\, Rc \,\|\, (X_{Ca} + R_L)}$$



Klein signal ersatz schaltung wie oben

$$u_{be} = u_b - \beta i_B * R_E$$



Giacoletto-Ersatz schaltung

Aufgabenstellungen
- Arbeitspunktermittlung am vorliegenden Messobjekt
- Berechnung der Kenngrößen rBE und S
- Aufnahme des Frequenzganges der Kurzschlussstromverstärkung β
- Messung von f_β und Ermittlung von CBE
- Messung der Leerlaufverstärkung und Ermittlung von CBC
- Messung des Basis-Bahnwiderstandes rBB'
- Messung der Grenzfrequenz einer Kaskode-Schaltung
- Gerätebedarf: 1 Netzgerät, 1 DMM, 2 AC-mVM, 1 R-Dekade, 1 Oszilloskop, 1 Funktionsgenerator, 1 Frequenzzähler

Angaben bezüglich Betriebsbedingungen erhalten Sie vom Betreuer!

▸ 1. Arbeitspunktermittlung Hinweis: Messen Sie den DC-Spanungsabfall an RC und erzeugen Sie den gewünschten Arbeitspunkt, indem Sie die Versorgungsspannung UB auf einen Wert zwischen 6 und 12 Volt entsprechend einstellen.
die Anweisung is natürlich Schwachsinn - so stellt man doch keinen 'Arbeitspunkt' ein

$I_C = \frac{U_{Rc}}{Rc}$ $\quad I_B = \frac{U_B - 0,5}{1,33M}$ $\quad B = \frac{I_C}{I_B}$

▸ 2. Berechnung von rBE und s

$r_{BE} \approx \frac{U_T}{I_B}$ $\quad s = I_C/U_T$ $\quad \beta \approx B$

$rBE = \beta/s = U_T/I_B$

HF-Ersatzschaltbild nach Giacoletto (für nicht allzu hohe Frequenzen - keine L)

▸ 4. Messung des Frequenzganges von β Hinweis: Erzeugen Sie eine *Stromsteuerung* des Transistors, in dem Sie über den eingebauten Vorwiderstand (34 kOhm) eine Signalwechselspannung an die Basis legen. Belasten Sie den Ausgang mit einem RL = 100 Ohm sodass annähernd eine Kurzschluss- belastung vorliegt. $i_B = \frac{u_{FG}}{34k + r_{BE}}$ $\quad i_C = \frac{u_a}{100\Omega}$ $\quad \beta = \frac{i_C}{i_B}$

Graphische Darstellung von β in Abhängigkeit der Frequenz (doppelt log, Darstellung) und Ermittlung von f_β
Berechnung der Transitfrequenz $f_T = \beta f_\beta$
Tragen Sie den Wert von f_T im Diagramm ein und diskutieren Sie das Messergebnis.
Die Grenzfrequenz ist (falls möglich) immer ein eigener Messpunkt!

▸ 5. Ermittlung von C_{BE}

1.Durch Berechnung: $C_{BE} \approx \frac{I_C}{2\pi f_T U_T}$

2.Aus der Messung : $C_{BE} \approx \frac{1}{2\pi r_{BE} f_\beta}$

6. Messung von C_{BC}
Hinweis: Verstärke ist unbelastet. Die Grenzfrequenz fg der Spannungsverstärkung vu = ua/ue ist dann wegen der Millerkapazität $(1 - vu) \cdot C_{BC}$ kleiner als f_β. Die Eingangsspannung ue wird an Basis gemessen und so klein, dass Ausgangsspannung ua unverzerrt! (Kleinsignalverhalten!)
Darstellung und ermittlung von f_g
Ermittlung von C_{BC} aus

$$f_g = \frac{1}{2\pi r_{BE}(C_{BE} + C_{BC}(1 - v_u))}$$

$$C_{BC} = \frac{\frac{1}{2\pi r_{BE} f_g} - C_{BE}}{1 - v_u}$$

Bei dieser Messung auch die Kapazitäten des Messkabels und der Messgeräte am Transistoreingang berücksichtigen (CBE + ca.120 pF)!

▸ 6. Ermittlung des Basis-Bahnwiderstandes $r_{BB'}$
Hinweis: Durch Nachregeln der Spannung am Funktionsgenerator wird bei Frequenzgangmessung die ue an der Basis konstant gehalten (Spannungssteuerung!) Dadurch wird bei EGS am Transistoreingang der Basis-Bahnwiderstand $r_{BB'}$ parallel zum r_{BE} für die Grenzfrequenz wirksam.
Graphische Darstellung und Ermittlung von f_g
Ermittlung von $r_{BB'}$ aus $f_g = \frac{1}{2\pi(r_{BE} \| r_{BB'})(C_{BE} + C_{BC}(1 - v_u))}$

▸ 7. Wiederholung der Messungen 1 bis 6 für einen anderen Arbeitspunkt

▸ 7. Messung der Grenzfrequenz einer Kaskode-Schaltung
(richtig: **'CasCode'-Schaltung** von **Cas**caded **C**ath**ode**)
s.Laborangabe- .DOC
Messen Sie die Verstärkung und Grenzfrequenz der gegebenen CasCodeschaltung. Diskutieren und vergleichen Sie das Messergebnis mit den bei der EGS gefundenen

Werten.
Bodediagramm mit fg.

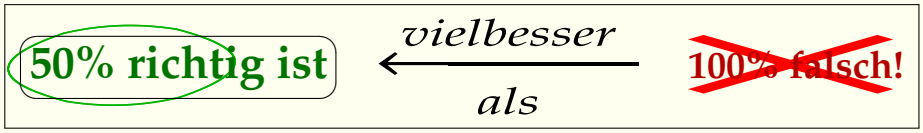
- 9. Auswertung der gemessenen Diagramme
- falls Sie schon fertig sind, werfen Sie Ihre Ausarbeitung weg und machen Sie einfach alles noch einmal!

4 Tests absolvieren

✓ ich schaffe **innere Ruhe** und vermeide jede Panik auf folgende Weise (auto-Suggestion[a,b]):
✓ Auswahl und Ausführungsreihenfolge der Aufgaben-Erledigung
- ich denke: Das Minimal-Ziel sind **50% Punkte**
  → doppelte Zeit
  → nix *stressen*

  ↓
- leichte Aufgaben zerscht
  wenni bei einer Aufgabenstellung nit sicher bin, wie ich se ausführen werde,
  verschiebise auf spater

  ↓
- nur mit **85% Tempo** arbeiten:
  → jeden Einzelschritt doppelt checken:
  a) komplett fertig?
  b) Resultat korrekt?



- **Punktegewichtung** beachten — manche Zusatzaufgaben *"bringens nicht"*

[a] Suggestion::= manipulative Beeinflussung einer Empfindung mit Manipulation-Verschleierung. https://de.wikipedia.org/wiki/Suggestion (25Feb'23)
s.zB. 'Placebo-Effekt' https://de.wikipedia.org/wiki/Placebo (25Feb'23) oder 'self-fulfilling prophecy' https://de.wikipedia.org/wiki/Selbsterf%C3%BCllende_Prophezeiung (25Feb'23)

[b] Autosuggestion::= Prozess, durch den eine Person ihr Unbewusstes trainiert, an etwas zu glauben. Dies wird erreicht durch Selbsthypnose oder wiederholte Selbst-Affirmationen und kann als eine selbstinduzierte Beeinflussung der Psyche angesehen werden. Die Wirksamkeit der autosuggestiven Gedankenformeln kann durch mentale Visualisierungen (Imagination) des angestrebten Ziels erhöht werden. Der Erfolg der Autosuggestion wird umso wahrscheinlicher, je konsistenter und länger (bzw. öfter) sie angewendet wird. https://de.wikipedia.org/wiki/Autosuggestion (25Feb'23)

5 Diplomschriften (DS) gestalten

✓ hast Du schon Deckblatt, Inhaltsverzeichnis, deutsche und englische Kurzfassung, Widmungen, Arbeitsprotokolle, Abbildungs-, Tabellen-, Quellenverzeichnisse, Glossar, Stichwortverzeichnis ?

✓ Text-Passagen sind langweilig und schwerverständlich

↓

✓ vermeide Texte!
(Formulierungs-, Rechtschreibungs-, Großschreibungs-, Genderisierungs-, Plagiierungs-, Quellenangaben-Probleme)
→Bei Tippp- oder Rechdschreibvehlern denkt das Gehirn der Leser nur noch an diese Fehler und nicht mehr an den Text-Inhalt, wie Du hier selbst erlebst

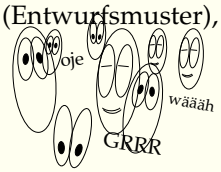
↓

✓ nutze grafische Darstellungen, Auflistungen, Stichworte
✓ Fotos
✓ Skizzen
✓ Screenshots
✓ Explosionszeichnung
✓ Blockschaltbild,
✓ Schaltplan,
✓ Print-Layout,

- ✓ Bohrplan
- ✓ Beschriftungsplan
- ✓ Bauteilliste
- ✓ Funktionserklärung zB. Bubble-Diagramm
- ✓ Simulations-/Mess-Diagramme verschaffen technischen Eindruck
- ✓ Bauteildimensionierungs-Rechnung
- ✓ Kostenaufstellung:
  a) Matialkosten aus BauteilListe
  b) Gehäuse, Transportkoffer, Handgriffe, Montagematerial,
  Zubehör (Anschlusskabel, Batterien) udgl.
  c) Prospekt / Folder, Gebrauchsanweisung
  d) Verpackung, Versand, Versicherung
  e) Personalaufwand (Arbeitskosten):

Arbeitszeit (aus Arbeitsprotokollen) × Stundensatz		
(**qualifizierte!** Stundensätze verwenden: Sekretariat ≠ DB-Designer ≠ Projektmanager ≠ . . .		
zum Nettoverdienst zB. EUR =2400= kommen Steuern und Abgaben: Lohnsteuer, Sozialversicherung, Kommunalabgaben usw. 'Lohnnebenkosten' dazu	==> ×2	4800
man muss dem Personal unproduktive Zeiten bezahlen, die man niemandem auf die Rechnung schreiben kann, wie 13. und 14. Monat, Fortbildung, Messebesuche, Wartung + Backup, Vergleiche von Produkten und Datenblättern. . .	==> ×2	9600
der Betrieb muss 'anonyme' Kosten decken, Mieten/Rückzahlungen, Reinigung, Heizung, Sekretariat, Parkplätze, Chefmercedes, Versicherungen, Abfertigungen, uvam. 'Gewinnaufschlag'	==> ×2	19200
	$\approx 2400 \times 8$	→ 20000
gibt bei 160 Arbeitsstunden/Monat ohne UST einen Stundensatz von	$\frac{20000}{160}$	EUR 125.00

- ✓ kreativ-Techniken: Brainstorming, Mindmap, 6-3-5 Methode, Delphi-(Expertenschätzung), uvam.
- ✓ 'Kastln und Pfeile'
- ✓ Struktogramm, Flowchart, Workflow
- ✓ Zustandsgraphen (BubbleDGM), Zustands-/Output- Tabellen, Activity- und State-DGM
- ✓ Klassendiagramm, ER-Diagramm
- ✓ Gantt-DGM, Netzplantechnik
- ✓ Pseudo-Code
- ✓ UML (unified modeling language), für Systeme aller Art (drum heißt es 'unified')
- ✓ design patterns (Entwurfsmuster), zB. MVC, Container, Observer, Factory. . .
- ✓ Cartoons
- ✓ Daumenkino
- ✓ Testprotokolle



6 . . . ich möchte euch bitten [KU]

. . . ich möchte euch bitten, mit unseren Abschlussklassen (5A, 5B und 5C) im Rahmen des Experimentallabors die folgenden Standard-Laborübungen zu wiederholen:
030 Transistor 1 (Kenngrößen)
031 Transistor 2 (Arbeitspunkt)
032 Transistor 3 (Gegenkopplung)
047 Transistor 4 (Ersatzschaltbildgrößen, HF-Verhalten)
Eigentlich sollten unsere Schüler diese Laborübungen bereits aus der 4. Klasse kennen (047 ggf. 5. Klasse) – und selbst wenn die Schüler diese Übungen bereits absolviert haben, möchte ich euch bitten, dass diese noch einmal wiederholt werden. Bitte legt beim Laborbericht besonders Wert auf die Beschreibung der Messdurchführung sowie der Diskussion der jeweiligen Messergebnisse (hier bitte immer den Bezug zu Böhmer / Datenblätter / Unterrichtsunterlagen einfordern).
Vielen Dank – und allen noch ein gutes neues Jahr! Michael

XH: In Ermangelung von Messobjekten (1 Messobjekt ist nit auf 22 Leute aufteilbar) sind wir auf die individuelle **Mitnahme der eigenen Bauteilsets+Steckbretter** angewiesen.
iXH habe die Laborangaben-docs auf der Webseite
→ https://www.qsl.net/oe7csj/
verlinkt

EGS: Es gelten näherungsweise (bei I_C=1mA, T=298K≡25C):

$$\text{'Verstärkung } der \text{ Spannung'}\ V_s = -s * R_C = -\frac{R_C}{r_E} \qquad Spannungsverstärkung\ u_a/u_e \tag{1}$$

$$Steilheit\ (h_{fe})\ s = \frac{I_C}{U_T} = \frac{1}{r_E} = \frac{\beta}{r_{BE}} \qquad (40mS) \tag{2}$$

$$InterneEmitterImpedanz\ r_E = \frac{1}{s} = \frac{U_T}{I_C} \qquad (26\Omega) \tag{3}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \qquad (100) \tag{4}$$

$$Basis \sim Emitter \sim Eingangsimpedanz\ r_{BE} = \frac{\beta}{s} = \frac{U_T}{I_B} = \beta * r_E \qquad (2k5) \tag{5}$$

$$Collector \sim AusgangsImpedanz\ r_{CE} = \frac{U_y(+U_{CE})}{I_C} \quad \text{'}Early \sim Spannung\text{'} U_y\ NPN: 150V\ PNP: 75V \tag{6}$$

$R_C \ldots Collector \sim Arbeitswiderstand\ (load\ resistor)$

$U_T \ldots \frac{kT}{q} \ldots 25,7mV \ldots Temperaturspannung$

$(k = 1.38E-23 \ldots Boltzmannkonstante)$

$(q = 1.60E-19 \ldots Elektronenladung)$

$(T \ldots absolutTemperatur\ 293.15K,\ 298.15K\ oder\ 300.0K)$

real mit **Strom-Gegenkopplungs**-Widerstand R_E

$$V_s' = -\frac{R_C}{r_E + R_E} = -s' * R_C \tag{7}$$

$$(s' = \frac{s}{1 + s * R_E})$$

$$Basis - EingansImpedanz\ r_{B,in} = \beta * (r_E + R_E) = \frac{\beta}{s} * (1 + sR_E) = r_{BE} * (1 + sR_E) \tag{8}$$

$R_E \ldots externer\ Emitter \sim StromGegenkopplungsWiderstand$

(iXH mag dieses s' ja nicht - stattdessen lieber 1/(RE+rE))

real mit **Spannungs-Gegenkopplungs**-Widerstand R_F und Eingangs-Widerstand R_G

$$V_s' = -\frac{\beta R_C + R_F}{R_G[(1+\beta)R_C + R_F]} =\sim R_F/R_G \tag{9}$$

$$R_C \ldots Collector - Arbeitswiderstand \tag{10}$$

$$R_F \ldots Feedback - Gegenkopplungswiderstand \tag{11}$$

$$R_G \ldots Eingangs - plusGeneratorwiderstand \tag{12}$$

Die Arbeitspunkt - Einstellung erfolgt nach den Daumenregeln

- I_C = 1mA
- U_C = Vcc/2
- U_{BE} = 0,62V (0,7V)
- U_{R_E} = 10% von Vcc, jedoch mindestens 1V
- Basisspannungsteiler - Querstrom (durch R1+R2) = 10* I_B (also ca. 100μA)

ELI the ICE man

- ELI: In einer Spule L kommt die Spannung E vorher und der Strom I nachher
  (E steht für 'ElectroMotorischeKraft E'≡ U)
- ICE: Im Condensator C kommt der Strom vorher und die Spannung E nachher

(sinngemäs aus dem ARRL-Handbook'2005)

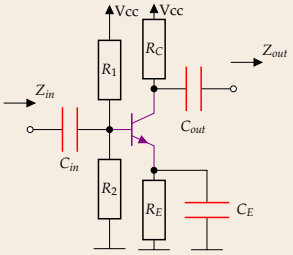
7 > > Übungen 5Feb'23: < <

- EGS-Dimensionierungs-Übungen β=100 10V/1mA - 10V/2mA - 20V/1mA - eigene Wahl
- EGS-Dimensionierungs-Übungen: Ermittle Eingangsimpedanz R_{in}, Ausgangsimpedanz R_{out}, EingangskoppelCap C_{in}, AusgangskoppelCap C_{out} und Emitterkondensator C_E

  β=100 Vcc=10V Ic=1mA $f_{g,unten}$=1,59Hz $f_{g,oben}$ = 15,9kHz
  β=100 Vcc=10V Ic=2mA $f_{g,unten}$=1,59Hz $f_{g,oben}$ = 15,9kHz
  β=100 Vcc=20V Ic=1mA $f_{g,unten}$=1,59Hz $f_{g,oben}$ = 15,9kHz

Tip: 1,59Hz ≡ $\frac{10rad/s}{2\pi}$ und 15,9kHz ≡ $\frac{100krad/s}{2\pi}$ zur Umrechnung zwischen f und ω

- Schaltung



- zur Lösung:
  Schaltet man >n< entkoppelte (= die sich nicht gegenseitig belasten) Tiefpässe mit gleicher Grenzfrequenz in Reihe, wird:

  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \ldots = \alpha = \sqrt{\sqrt[n]{2} - 1}$ → C_{in}, C_{out}, C_E entsprechend wählen

  Dies ist der Fall der kritischen Dämpfung. Die einzelnen Tiefpässe besitzen dann eine um den Faktor $1/\alpha$ höhere Grenzfrequenz als das ganze Filter.

  bei N=3 (wie hier) ist $\alpha = 0.5097$ und $1/\alpha = 1.9616$ also ≈ 2.
  → Wir machen einfach $\omega_{g,in} = \omega_{g,out} = \omega_{g,CE} = 2 * \omega_{g,Gesamt}$.

$r_{in} = r_{BE} \| R1 \| R2$	$r_{out} = r_{CE} \| R_C$	$r_{BE} = \beta(r_E + R_E)$	$r_{CE} = \frac{-U_y}{Ic}$
$Z_{in} = X_{Cin} + r_{BE}$	$Z_{out} = r_{out} + X_{Cout}$		
bei 10V, 1mA, 1.59Hz:		RE=1k	Rc=4k5
		$r_{BE} \approx 100 * 1k$	$r_{CE} \approx 100V/1mA \approx 100k$
		$r_{in} \approx 100k \| 84k \| 16k \approx 10k$	$r_{out} \approx 100k \| 4k5 \approx 4k5$
		$\omega_{g,in} = 2 \times 10[rad/s]$	$\omega_{g,out} = 2 \times 10[rad/s]$
	wir wollen Z_{in} und Z_{out} nicht wesentlich vergrößern → $X_{in} = 10\% \times r_{in} \approx 1k6$ → $X_{out} = 10\% \times r_{out} \approx 500\Omega$ da C_E nicht im Signalweg liegt, beachten wir das dort nicht und machen $X_{CE} = R_E$		
	$C_{in} = \frac{1}{\omega_{g,in} \cdot X_{in}}$	$C_{out} = \frac{1}{\omega_{g,out} \cdot X_{out}}$	$C_E = \frac{1}{\omega_{g,E} \cdot R_E}$
	$C_{in} = \frac{1}{20[rad/s] \cdot 1k6}$	$C_{out} = \frac{1}{20[rad/s] \cdot 500[\Omega]}$	$C_E = \frac{1}{20[rad/s] \cdot 1k}$
	$C_{in} = 31uF$	$C_{out} = 100uF$	$C_E = 50uF$
bei 10V, 2mA, 1.59Hz:			
	iaz Du!	...	
bei 20V, 1mA, 1.59Hz:			
	aah Du!	...	

In der 3ten Klasse ist das Labor 3-stündig; schau mal, was in diesen 150 Minuten alles erstellt werden soll:

Transistor-2:
Kennenlernen verschiedener Methoden zur Arbeitspunkteinstellung. Untersuchung der Arbeitspunktstabilität.
Aufgabenstellungen

1. Berechnung einer Tabelle für Temperatureinstellung im Messobjekt.
2. Untersuchung der Temperaturabhängigkeit verschiedener Arbeitspunktschaltungen.
3. Untersuchung der Versorgungsspannungshängigkeit verschiedener Arbeitspunktschaltungen
4. Messung von ICE0 und ICES des in „Transistor 1“ verwendeten Bipolartransistors
5. Dimensionierung und Aufbau einer Arbeitspunktschaltung mit Gegenkopplung.
6. Beurteilung der Arbeitspunktstabilität.
7. Dimensionierung und Aufbau einer Arbeitspunkteinstellung für einen FET.

- Gerätebedarf 2 NG (15 V), DMM, 1Oszilloskop, 1 Bipolar-Transistor 1 FET
- Stabilitätsüberprüfungen am Messobjekt

Drei (theoretisch) mögliche Schaltungen zur Einstellung des Arbeitspunktes eines Bipolartransistors sollen bezüglich ihrer Stabilität (Temperatur, Versorgungsspannung, Parameterschwankungen) miteinander verglichen werden.

- Die im Messobjekt enthaltenen 5 Transistoren sind auf einem Chip integriert (Dual Inline Gehäuse). Sie nehmen damit dieselbe Temperatur an.
- Drei Transistoren dienen als Messobjekt, der vierte als Temperatursensor (gemessen wird seine Basis-Emitterspannung).
- Ein weiterer (übersteuerter) Transistor der an der Heizspannung UH liegt, wirkt als Wärmequelle.
- Stabilitätsüberprüfungen an einer diskret aufgebauten Schaltung
  Eine geeignete Schaltung soll diskret am Steckbrett aufgebaut werden, ihre Stabilität ist zu überprüfen.
- Messanweisung
  Die Spannung UBE20 ist (ohne Heizung !!) am Messobjekt zu bestimmen, sie entspricht damit der Umgebungstemperatur (20°C).
- Messwerttabelle
  Gemäß der angegebenen Formel sind die, den weiteren Messtemperaturen entsprechenden Temperaturspannungen zu berechnen und in die Tabelle einzutragen.
- Messanweisung
  Durch Veränderungen der Heizspannung sind nacheinander die angegebenen Chiptemperaturen (UBE) einzustellen und das Kollektorpotential zu messen.
- Messwerttabelle
  Die Ergebnisse sind in der Tabelle einzutragen und der Verlauf von VC über der Temperatur ist für alle 3 Fälle graphisch darzustellen.
- Diskussion
  Welche der Schaltungen weist die geringste, welche die größte Temperaturabhängigkeit auf ? Wie lassen sich die Messergebnisse theoretisch erklären ?
- Messanweisung
  Für die angegebenen Versorgungsspannungen sind für alle 3 Schaltungen VC und IC zu bestimmen und in die Tabelle einzutragen.
- Messwerttabelle
  Die Ergebnisse sind in der Tabelle einzutragen und der Verlauf von VC über der Temperatur ist für alle 3 Fälle graphisch darzustellen.
  $VerwendeteFormel: I_C = \frac{U_B - V_C}{R_C}, R_C = 10k\Omega$
- Beschreibung des Messvorgangs
- Diskussion
  Welche der Schaltungen weist die geringste, welche die größte Abhängigkeit von der Versorgungsspannung auf ? Wie lassen sich die Messergebnisse theoretisch erklären ?
- Messung von ICE0 und ICES des in "Transistor 1" verwendeten Bipolartransistors
- Beschreibung des Messvorgangs
- Diskussion
- Untersuchung der Arbeitspunktstabilität einer diskret aufgebauten Verstärkerschaltung mit Bipolartransistor.
- Berechnung der Widerstände
- Bestimmung der relativen Arbeitspunktabweichung abhängig von der Erwärmung Die Schaltung ist mit einem **Föhn** zu erwärmen und die relative Arbeitspunktabweichung ist zu messen.
  Berechnung der Arbeitspunktestabilität:
  $\Delta U_{CE}/\Delta T \quad [V/K] Rechnung$
  Verwendete Formel: $\Delta I_C = \Delta U_{CE}/R_C = B * \frac{\Delta U_{BE}}{R^*} = B * \frac{2mV * \Delta T}{R1||R2 + (B+1) * R_E}$
- Diskussion

- Bestimmung der relativen Arbeitspunktabweichung abhängig von der Versorgungsspannung
  Die Versorgungsspannung der Schaltung ist um 20% zu erhöhen bzw. zu erniedrigen und die relative Arbeitspunktabweichung ist zu messen.

8 Zusendungen XaJ

- Lieber Christoph,
- Deiner Erklärung der Transistorübung1 zugehört
- EGS gerechnet mit Herrn Stecher
- Mit Mitschülern eine EGS durchgerechnet
- Die Englisch Schularbeit erhalten
- Der KSA Erklärung von einem Mitschüler zugehört
- Eine OPV Schaltung mit Mitschülern gerechnet
- Diese Email geschrieben
- Laborbericht fertig gmacht
- Angelika Geld überweisen wegen Ball
- Transistor Kennlinienfeld durchgedacht und mit Klassenkollegen besprochen
- Üben von verschiedenen OPV-Schaltungen für HWE
- Zeit im Labor wurde sehr produktiv und sinnvoll genutzt - danke dir
- Diplomarbeitsdoku geschrieben
- Sitzplatzreservierungen fürn Ball
- Dann hon i ma mim Christian no a paar andere BJT schaltungen angschaugt
- Und iatz hot ma no da Philipp an Toal vu seiner Diplomarbeit zoagt.
- Als erstes habe ich Samuel beim erklären der Schaltung zugehört.
- HWE Test vorbereitet
- Theorie wiederholt Transistor 1
- EGS selbst durch dimensioniert
- Early Spannung Erklärung von dir
- OPV invertierer berechnet
- Dann habe ich einem Schüler aus der 4CHEL seinen Äpple-Penßurückgebracht.
- Strom- und Spannungsteiler-Schaltungen berechnet
- Theorie BJT (Stecher)
- (PSoC Programm zur Kommunikation zwischen PC und BT-Modul)
- - durchlesen/durchdenken des Arbeitsauftrages (Emittergrundschaltung) vom Kupfner
- Lucas hat mir erklärt, wie eine API-Abfrage in Python funktioniert
- Netzwerk-Laborbericht gemacht
- Altium Schematic + PCB entwurf für HWE
- Transistor-Arbeitspunkt
- Übertragungsfunktion diverser OPV Schaltungen mittels KSA aufgestellt
- Aushilfe PSoC in Klingler Gruppe,
- B-Klasse Erklärung für Transistor Übung 1
- EGS-Dimensionierungs-Übungen β=100 10V/1mA - 10V/2mA - 20V/1mA - eigene Wahl
- EGS-Dimensionierungs-Übungen mit Eingangsimpedanz R_in, Ausgangsimpedanz R_out, EingangskoppelCap C_in, AusgangskoppelCap C_out und Emitterkondensator C_E

9 22Dez'22: das mit dem Puls-Spektrum (YH)

s. eigene U-Mitschrift

10 Vorschlag1: CLIL

Erstelle eine englisch-textuelle Funktions- und Anwendungs-Beschreibung eines INA118 (Burr-Brown) und des AMP04 (Analog Devices)

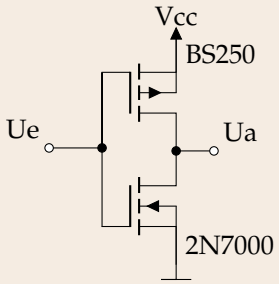
Umfang:
vollständig

Bewertung:
- Abzug für fehlende Aspekte
- Abzug für Uneigenständigkeit
- Abzug für "fälschen helfen" (Betrug)

Abgabe:
- per eMail an XH
- Frist: unverzüglich (≡ ehebaldigst)

11 Vorschlag2: Simulation CMOS eigenes Modell

Erstelle die Übertragungskennlinie Ua/Ue (DC-Analyse) eines Inverters aus je einem pMOS BS250 und nMOS 2N7000



Typ	Simulationsparameter	SPICE MODEL line
2N7000	VTO=2.2	.model nMosFET NMOS VTO=2.2
BS250	VTO=-2.2	.model pMosFET PMOS VTO=-2.2

→ Weder 2N7000 noch BS250 finden sich mW. in der HTL-Altium-Library, sodass dafür eigene Modelle zu erstellen/anzupassen sind S.61 (s. Inh.Verzeichnis)

Umfang:
vollständig

Bewertung:
- Abzug für fehlende Teile
- Abzug für Uneigenständigkeit
- Abzug für "fälschen helfen" (Betrug)

Abgabe:
- per eMail an XH
- Frist: unverzüglich (≡ ehebaldigst)

12 Zusendungen

n18a	TeX	SMPS1	SMPS2	ChgPump	EGS	OPamp WkO	CLIL/Sim WlF	Spektrum WlM
01 n18aangsi	✗							
02 n18aarsha	✗							
03 n18aazefl	✗						Sim	
04 n18achrja	✗							
05 n18acolma	✗				EGS mit +ohneGe-genkopplungColic _Edelmann.pdf: beein-druckend			
06 n18aedepa	Deckblatt			Ladungs pumpe .pdf	EGS mit +ohneGe-genkopplungColic _Edelmann.pdf: beein-druckend	n18aedepa-WkH1-OPV-DifferenceAmplifierOPV.pdf bildreich anschaulich	CLIL.pdf	
07 n18agasel	✗							
08 n18agasar	1_Ver-such						Sim.pdf	
09 n18ahabma	✗						Schmitt-Trigger.docx CLIL.docx	
10 n18aisima	✗							✓
11 n18ajanjo	✗							✓
12 n18akolma	✗							
13 n18alouch	✗							
14 n18amitmi	✗						CLIL.pdf	
15 n18aplasi	✗						CLIL	
16 n18aprema	✗					OP	INA18_AMP04-Preissler.pdf✓	
17 n18asaryu	✗							
18 n18astosi	✗						Screenshot.png Screenshot2.png Screenshot3.png	
19 n18avoefl	✗							✓
20 n18awebli	✗							

n18b	DA	KU#1	EGS1	EGS2Üstd	KU#2	KU#3	KU#4	
21 n18aweslu	✓		✓					
22 n18awirma	✓	✓						
23 n18ayueta	✓	✓						
01 n18barqle	✓		✓		ChristophLaborEGS.pdf			
02 n18bberla	✓	✓	✓		Abgabe02032023.pdf			
03 n18bdalfi	✓		✓		kaAutor?			
04 n18bfiean	✓	✓			—			
05 n18bgrilu	✓				—			
06 n18bguglu	✓	✓			.txt			
07 n18bhafth	✓	✓	✓		Koppelkondensator.pdf			
08 n18bhaijo	✓	✓	✓		Labor456.pdf			
09 n18bkaeva	✓	✓	✓		XH020323.pdf			
10 n18bkoech	✓	✓	✓		LABORCKD.pdf			
11 n18bmaisa	✓	✓	✓		AdobeScan02032023.pdf	sim✓		
12 n18bmooma	✓	✓	✓		Koppelkond...ren.pdf			
13 n18bmosma		✓			—			
14 n18bmumvi	✓	✓			kaAutor?			
15 n18bpabem	✓	✓	✓		BJT-Berechnungen.pdf			
16 n18bpitma	✓	✓	✓		.txt			
17 n18brafma	✓	✓	✓		—	PyProg		
18 n18bxnege	✓	✓			Labor-02032023.pdf	sim✓		
19 n18bxulph	✓	✓	✓		kaAutor?			

13 SMPS - switched mode power supply I

Linear-Netzteile

Wandeln mittels (50Hz-)Netztransformator (groß, schwer) und richten dann erst gleich

Netz → Netztransformator → Gleichrichter+Siebung → Linearregler → (Filter) → Verbraucher

primär getaktete Netzteile (aktuell)

zerhacken eine Gleichspannung (PWM) und speisen damit einen HF-Transformator (klein, leicht)

Netz → Gleichrichter → PWM → HF-Transformator → Gleichrichter → Filter → Verbraucher

sekundär getaktete Netzteile (ausgestorben)

transformieren zuerst konventionell (Netztransformator), richten gleich und wandeln dann erst mittels PWM

Netz → Netztransformator → Gleichrichter+Siebung → PWM → Filter → Verbraucher

Drossel-	Transformator-		Kondensator-
WANDLER			
'inductor type converter' *'choke converter'* *(auch 'throttle transducer')*	Durchflusswandler *'forward converter'* Gegentaktwandler *'push-pull converter'*	Sperrwandler *'flyback converter'*	Ladungspumpe *'charge pump'*, *'voltage multiplier'*, *'voltage converter'*

a) Energie wird magnetisch gespeichert: Sperrwandler + Drosselwandler
und dann durch (selbst-) Induktion wieder entnommen,
wenn Kern maximal magnetisiert → Verluste, Scherung[1]

b) Energie wird gleichzeitig eingespeichert (primär) und wieder entnommen (sekundär): Fluss- + Gegentaktwandler
Kern wenig magnetisiert (theoretisch gar nicht)
→ verlustarm

[1] *'Scherung'* wird durch Luftspalte oder im Kernmaterial verteilte Metallspäne (*'Eisenpulverkern'*) erreicht

13.1 Spule

Selbstinduktion

Selbstinduktion ist die Spannung U_{ind}, die in der Erreger(primär)wicklung selbst von selbstausgelöster Magnetfeldänderung induziert wird.

$$\frac{U_{ind}}{N} = \frac{\partial(B * A_{\perp quer})}{\partial t}$$

$\equiv$ [1,2,3,4,5]

$$\boxed{U_{ind} = L\frac{\partial I}{\partial t}}$$

mit

$$\boxed{\mathbf{L} = \underbrace{\frac{\mu \cdot A_{quer}}{l_e}}_{\text{"}A_L\text{ - Wert"}} * N^2}$$

ACHTUNG: A_L- wird oft 'at 100 turns' (Windungen) angegeben

$$H[A/m] = \frac{I}{l_e} \cdot N$$

$$B[T] = \underbrace{\mu \cdot H}_{\mu \cdot I/l_e \cdot N}$$

$$U_{ind} = \frac{\partial(N * A_{\perp quer} * \mu \cdot I/l_e \cdot N)}{\partial t}$$

$$U_{ind} \overset{\text{nur I variabel}}{=} L \cdot \partial I/\partial t$$

Gegeninduktion ist eine in einer anderen Wicklung induzierte Spannung $U_{ind,2}$ s.o.
Die *Windungsspannung* U_{ind}/N - die Induktionsspannung pro Wicklungswindung; sie ist in allen vom selben Magnetfeld durchflossenen Windungen gleich (Wicklungssinn = links-/rechtsdrehend beachten)

Streu-Induktivität L_s, Kopplungsfaktor M (mutual)

Der Grossteil des Magnetfeldes wird im *Magnetkern* geführt. Ein kleiner Rest der Magnetfeldlinien ausserhalb des Kerns wird entweder

a) als *'Streufeld'* in einer gesonderten *'Streufeldinduktivität', 'Streuinduktivität'* L_{streu} erfasst

($L_{streu} << L \overset{erzeugt}{\Longrightarrow}$ Resonanzen mit $f_{streu} >> f_{schalt}$)

oder b)

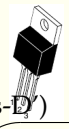
als *Verlust* im Kopplungsfaktor $M < 1.0$ (zB 0,98) ignoriert.

Schaltungssimulatoren realisieren Trafos prinzipiell als zwei gekoppelte Spulen mit Kopplungsbefehl 'K' und Faktor $M < 1$
zB.

```
L1    node1    node2    160u
L2    node3    node4    1.6u
K12   L1       L2       0.98
```

[1] l_e...Länge, äquivalent
[2] N...Windungszahl
[3] T...'Tesla'
[4] A...Querschnittsfläche m^2
[5] I...Stromstärke[A]

13.2 SMPS + PWM + PwrMOS + NE555



Wir bauen Schaltwandler für

1) DC-Motor Ansteuerung
2) LED Betrieb
3) Stromversorgung (Lastwiderstand)
4) digital-Audio-Leistungs-Verstärker ('class-D')

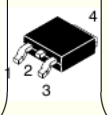
nach den

'buck-'
'boost-'
'buck/boost inverting'
'flyback-' (Sperrwandler)
-'converter' Konzepten

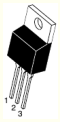
und testen sie mit dem Labornetzteil

als Primärstromversorgung variabler Spannung.

Ferrit-Kerne sind **nur** für *forward converter* geeignet



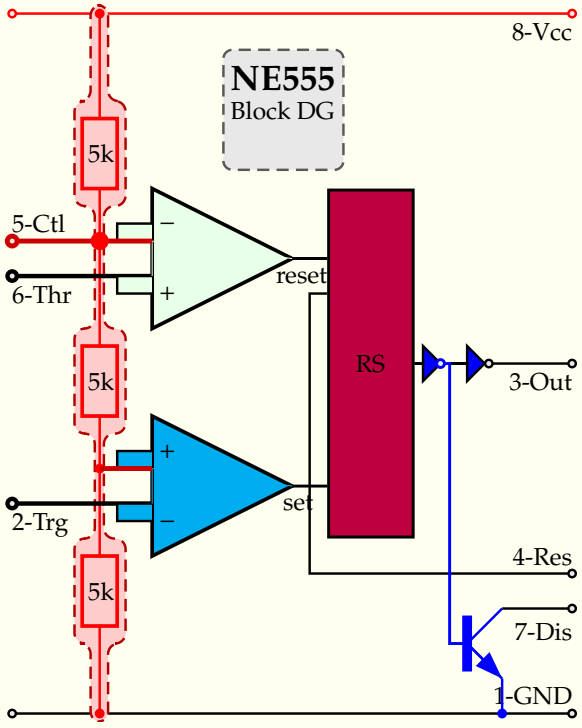
Energiespeicherung erfordert Eisenpulver-Kern oder Luftspalt

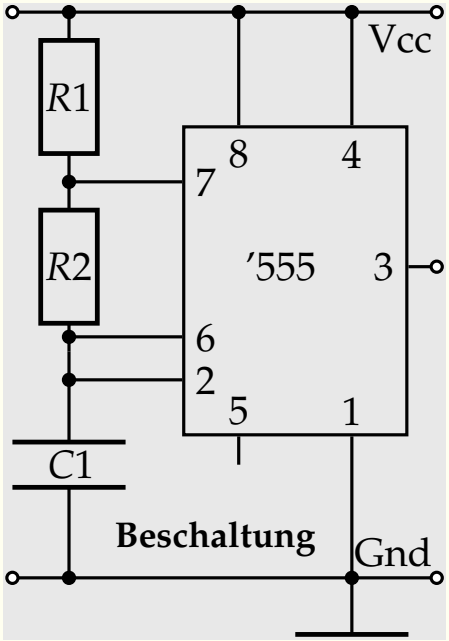


`Spannungen/Spitzen über 50.0 V dürfen keinesfalls auftreten!`

13.2.1 Aufgabe-1:NE555

→ s. Kap.**??**, S.**??**





13.2.2 Aufgabe-2: Ferrit-Ringkern

Besorg Dir einen **Entstör-Ferrit-Ringkern**.

Die sind leicht als EMV- (EMI-) Entstörkerne zu *recyceln* zB. aus defekten (PC-) Schaltnetzteilen, Videosignalkabeln.

Ferrithülse ferrite bead/core, Ringkern toroid, Doppellochkern (*'Schweinenase'*)

iXH bringa 150uH Drossel auf Eisenpulverkern (zum Vergleichen):

→ Mit **Ferrit**kernen (ohne Luftspalt) macht man **Trafos** (Übertrager) und Entstördrosseln (Störenergieverheizer).

→ Mit **Eisenpulver** (oder mit Luftspalt) macht man **Speicher**drosseln und Schwingkreise. (Eisenpulverkerne sind Keramik mit Eisenpulver drin. Man nennt das auch *fein verteilter Luftspalt*)

13.2.3 Aufgabe-3: PWM/PFM

13.2.4 Aufgabe-3a: Erzeuge Rampensignale

13.2.5 Aufgabe-3b: Erzeuge PWM

13.2.6 Aufgabe-3c: Ansteuerung PwrMosFET

- Studiere die Möglichkeiten und Varianten zum Erzeugen von PWM- und PFM- Signalen mit einem (nötigenfalls zwei) NE555.
  idealerweise lässt sich das PWM- Tastverhältnis (duty cycle) $p = \frac{t_{ein}}{t_{ein} + t_{aus}}$ mittels einer Steuerspannung von 0..1 (0..100%) variieren. Oft ist es an den Grenzen nahe 0 und nahe 1 problematisch zu realisieren, weswegen die *'wichtigere'* bevorzugt realisiert wird.
- Betrachte die Modulation der PWM/PFM
  - sowohl mechanisch mittels Trimmpotentiometer
  - als auch mittels elektrischer Spannung
    (zB. via Input an Pin'5' ?).

Legende:

PFM Puls-Frequenz Modulation (pulse frequency modulation). Die Frequenz (Anzahl/Sek.) der Pulse variiert analog zum Modulationssignal.

PWM Puls-Breiten Modulation (pulse width modulation). Die Breite (Dauer, Weite) der Pulse variiert analog zum Modulationssignal.

PPM Puls-Positions Modulation. Die Position (Ort, Phasenlage) der Pulse variiert analog zum Modulationssignal.

- Zu den Prinzipien siehe auch Kap.13.2.6, S.26

schrittweise Anleitung

1. erzeuge mit NE555 eine per Trimmpoti verstellbare PWM
2. mach dabei die Frequenz unbeeinflusst.
3. stell den PWM- Variationsbereich fest.
4. mach die PWM spannungssteuerbar, statt per Trimmpoti
5. stell wieder den PWM- Variationsbereich fest.
6. mach das Tastverhältnis bis 0 'herunter' steuerbar
7. sichere das PwrMosFET-Gate gegen $V_{GS} > 18V$
8. montiere den PwrMosFET auf ein Kühlprofil
9. speise das PWM- Signal (über $R_G \approx 5k$) an das PwrMosFET- Gate:

```
RG          V_PWM       Gate1   5k
RD          Vcc         Drain1  5k
MosFET1Drain1   Gate1Source1einNchannelMosFET
VSrc1       Source1     0       DC 0.0
```

   (SPICE netlist)
10. bestimme die vorgesehenen Betriebsbedingungen für den PwrMosFET.
11. bestimme $t_{d,on}, t_{rise}, t_{fall}$ und $t_{d,off}$ am PwrMosFET unter obigen Betriebsbedingungen.
12. bestimme die maximal sinnvolle Betriebsfrequenz der Anordnung

Jeder Denk- und Arbeitsfortgang ist akribisch zu protokollieren.
Alles andere als Denk- und Arbeitsfortgänge hat zu unterbleiben.

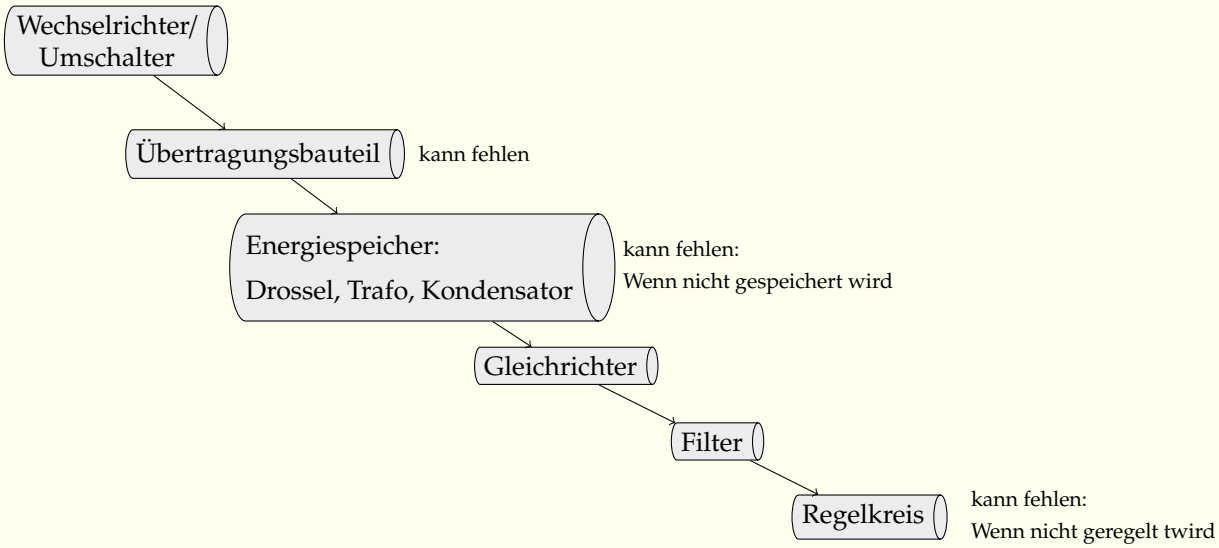
Das Projekt ist **matura**vorbereitend — wer sich nicht ausreichend einarbeitet, könnte bei einer **qualitätssichernden Überprüfung** des Unterrichtserfolges mit Mängeln konfrontiert sein.

13.3 SMPS switched mode power supply, Schaltwandler, Schaltnetzteil

Schaltende Spannungs- und Stromkonverter übertragen und/oder speichern+wiedergeben die Energie, statt sie zu *verheizen*. Sie schalten die Energiezufuhr periodisch ein (t_{on}, t_{ein}) und aus (t_{off}, t_{aus})

$$t_{on} + t_{off} =:: \tau \quad \rightarrow \quad f ::= \frac{1}{t_{on} + t_{off}}$$

Sie bestehen aus



Man sagt auch *DC-DC-Schaltwandler (switching mode converter / power supply, SMPS)* und baut sie mit

Kondensatoren	→Ladungspumpe (charge pump)
Drosselspulen	→{ Aufwärts-, Abwärts- und Invers-Wandler (buck-, boost- and inverting converter; Drossel = engl. choke, choking coil, Spule = coil, inductor, solenoid).
Transformatoren	→Sperr-, Durchfluss-, Gegentakt-Wandler
Sonderfall: Multi-Phase-Converter	→{ sind mehrfache, zeitversetzt arbeitende Wandler obiger Bauarten.

dabei kann die Energie

- zeitgleich übertragen werden (Transformator)
  Durchfluss-, Gegentakt- u. Abwärtswandler
  (forward mode converter, push-pull converter, buck switcher)
  → Kern wird weniger magnetisiert → große Leistungen
- zwischen**gespeichert** werden (Spule, Drossel)
  Sperr-, Aufwärts-, Inverswandler
  (flyback mode converter, buck switcher, inverting converter)
  → Kern wird magnetisiert; Achtung: Mag.Sättigung!

Wir nennen

deutsch	Formelzeichen	symbol	english
Einschaltzeit der Energiezufuhr	t_{ein}	t_{on}	on time
Ausschaltzeit der Energiezufuhr	t_{aus}	t_{off}	off time
Periodendauer	$\tau = t_{ein} + t_{aus}$	$T=t_{on} + t_{off}$	period
Tastverhältnis	$p = \frac{t_{ein}}{\tau}$	$\delta = \frac{t_{on}}{T}$	duty cycle
Anstiegszeit der Energiezufuhr	t_{an}	t_r	rise time
Abfallzeit der Energiezufuhr	t_{ab}	t_f	fall time
Restwelligkeit	ΔU_a	ΔV_{out}	voltage ripple
Strom-Welligkeit	ΔI_L	ΔI_L	inductor ripple current

Bei den zwischenspeichernden Betriebsarten (energy storing mode) rechnet man vorteilhaft mit sog. ***Spannungs-Zeit-Flächen***

$$U_{hinein} \bullet t_{ein} = U_{heraus} \bullet t_{aus}$$

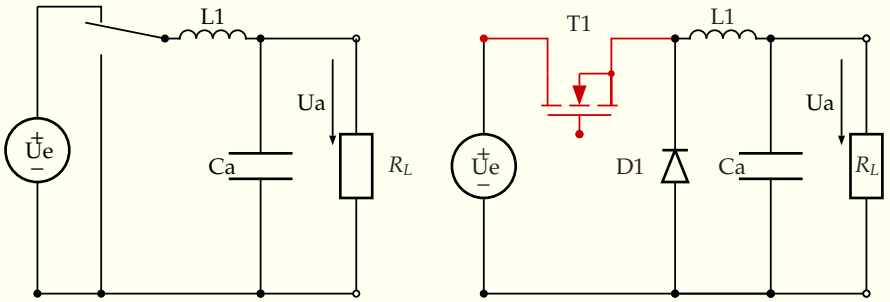
U_{hinein}, U_{heraus} : direkt an der Spule!

(das ergibt sich aus

$$\rightarrow \begin{array}{l} U_{ind} = L \bullet \frac{\partial I}{\partial t} \\ U_{ind} \bullet \Delta t = L \bullet \Delta I \end{array}$$

unter stationären (=konstantbleibenden) Verhältnissen **und** gegenüber den Gleichstromgrößen *kleinen* Änderungen ΔI, ΔU)

13.3.1 Prinzip Abwärtswandler (buck converter):



t_{ein}-Stromfluss:
Ue → T1 → L1 → Ca(I_C) + R_L(I_R)
I_L *steigt* um ΔI_L an.

t_{aus}-Stromfluss:
GND → D1 → L1 → Ca(I_C) + R_L(I_R)
I_L *sinkt* um $-\Delta I_L$ wieder ab.

Dimensionierung

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{t_{ein}}{t_{gesamt}} = p$$

$\frac{1}{2}\Delta I_L < I_a$ (mindest-Strom!)

Vereinfachung: $I_a \rightarrow R_L$, $\Delta I_L \rightarrow C$

$$\text{mittl.Ladestrom } \overline{I_C} = \frac{\Delta I_L}{2} = C\frac{+\Delta U_C}{(t_{ein} + t_{aus})/2}$$

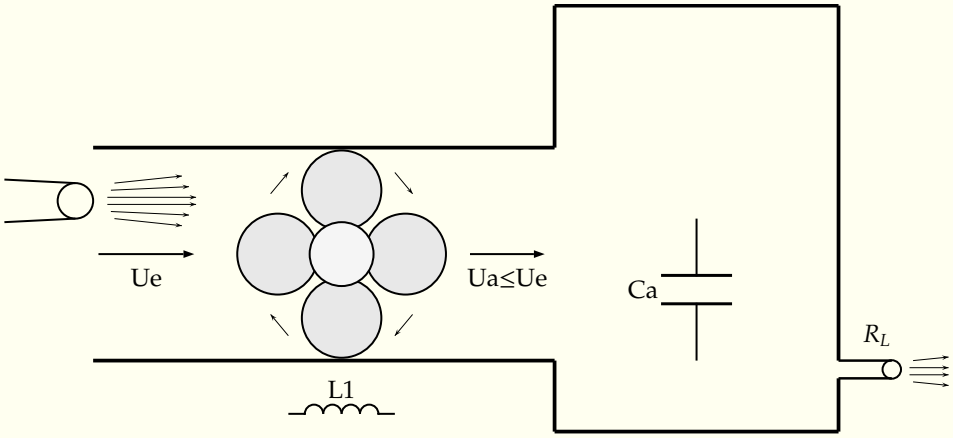
$$\Delta I_L = \frac{4C\Delta U_a}{t_{gesamt}} = 4C\,\Delta U_a\, fs \quad \text{(fs: Schaltfreq.)}$$

Die **Spule** wird von (oft großem) **Gleichstrom** durchflossen,

- dies führt zu kräftiger **Vormagnetisierung** (→ Verluste, Sättigung)
- Der Ferritkern wird deshalb mit einem →**Luftspalt** (typ. 0.5 .. 1.5mm) versehen *"Scherung"* oder ein **Eisenpulver-Kern** (***"verteilter Luftspalt"***) verwendet.

13.3.2 Gleichnis:

Stell Dir vor, L sei ein Rohr mit einem L=**Lüfter** drin.

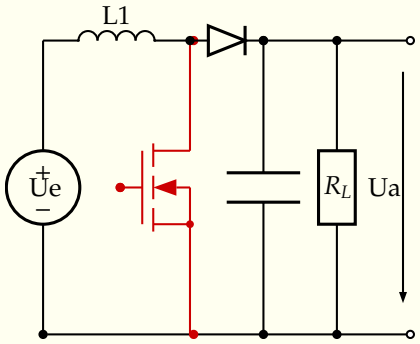


1. Nun tust Du mit einer Pressluftpistole (U_e) immer kurz **hineinpusten**,
   damit der Lüfter L Schwung kriegt
   (dieser *Schwung* ist Dein Energiespeicher).
2. In den Puste-Pausen lauft der Lüfter vom Schwung weiter
   und **pumpt** Umgebungsluft (GND) durch.
   Die Schwungmasse wirkt wie L, I wie der Luftstrom, U wie der Luftdruck, B wie die Lüfterdrehzahl.
3. beim Pusten ist der Druck vorn größer,
   in der Pause dafür kleiner.
4. Zum L anschubsen hast Du $Ue - Ua$, pumpen tut L dann alleine gegen Ua

$$(Ue - Ua) * t_{ein} = Ua * t_{aus}$$

$$Ua = Ue * \frac{t_{ein}}{t_{ein} + t_{aus}} = Ue * p$$

13.3.3 boost converter, Aufwärtswandler:



ignorieren

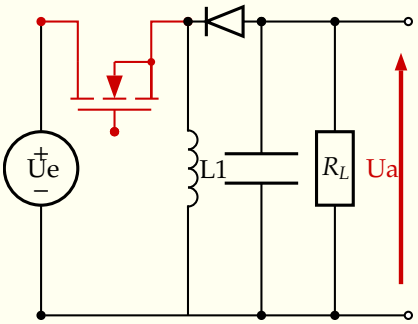
$$t_{ein} * U_e = t_{aus} * (U_a - U_e - U_{D1})$$

$$U_e * (t_{ein} + t_{aus}) = U_a * t_{aus}$$

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{t_{ein} + t_{aus}}{t_{aus}} = \frac{1}{1-p}$$

L und C s. buck converter

13.3.4 buck/boost inverter, Inverswandler:



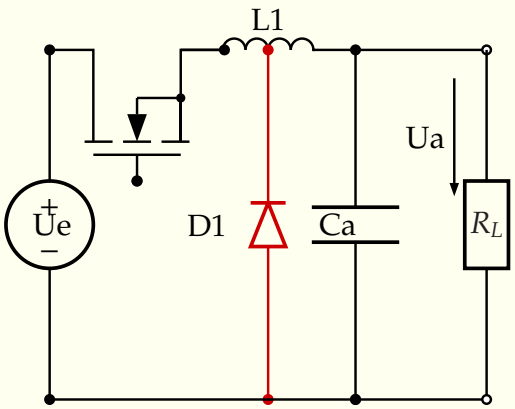
$$t_{ein} * U_e = t_{aus} * (-U_a + U_{D1})$$

ignorieren

$$\frac{U_a}{U_e} = -\frac{t_{ein}}{t_{aus}} = -\frac{\frac{t_{ein}}{t_{ein}+t_{aus}}}{\frac{t_{aus}}{t_{ein}+t_{aus}}} = -\frac{p}{1-p} = \frac{p}{p-1}$$

13.3.5 Vom buck zum flyback, Sperrwandler:

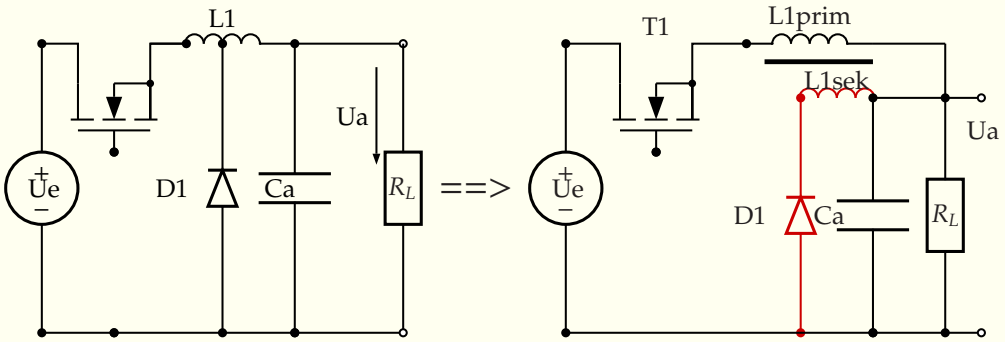
Was, wenn Du zum *Pumpen* nur einen Teil der L-Wicklung, also einen Spar-Transformator verwendest?



→ i sag's Dir:
Die Spannung reduziert sich, im Verhältnis der Windungszahlen (N1, N2).

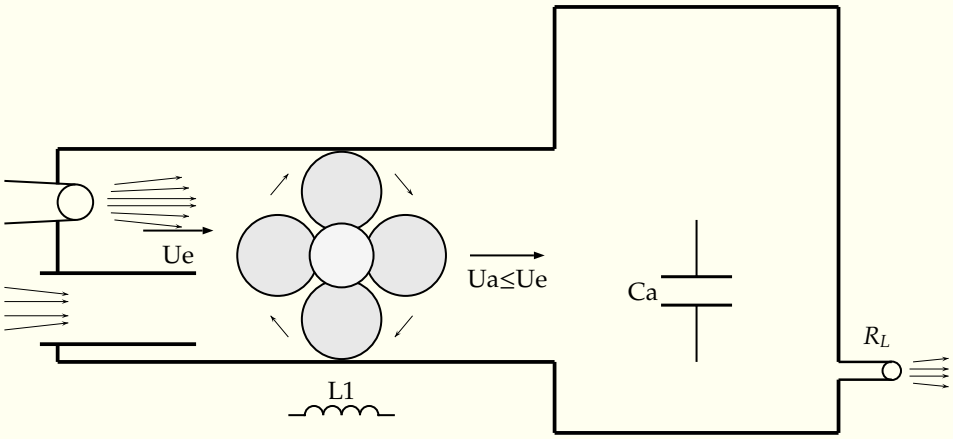
stutzig?
→ bedenke: B steigt mit der *Windungs*spannung $U_{ind}/N = A * dB/dt$. (die Windungszahl steigert B nicht)

. . . und wenn wir eine getrennte Wicklung nehmen?

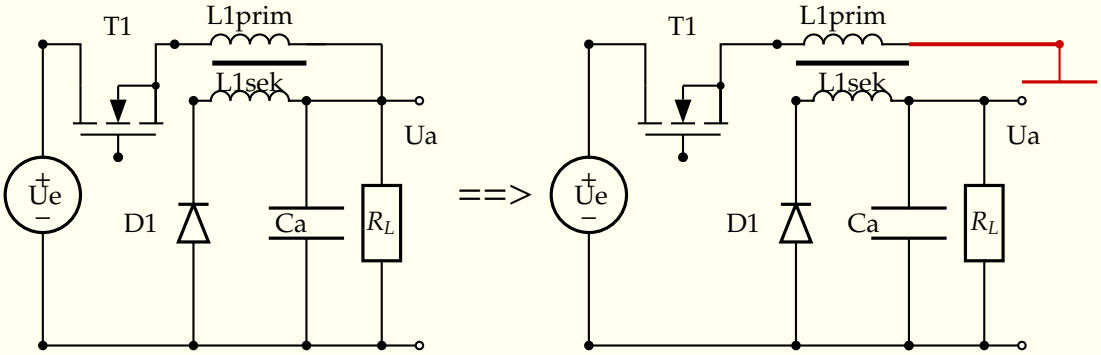


. . . das muss wohl noch *wurscht* sein! (hamma halt den *Ansaugstutzen* extra)

Merke:
es kommt darauf an, was sich **im Magnetkern tut**



und wenn man die Primärseite nach GND anschließt?



1. nicht mehr wurscht!
   → Die primärseitige *anschubs*-Spannung ist jetzt größer (Ue statt Ue-Ua)
   → Der primär-Strom rinnt getrennt ab (nicht mehr zum Speicher- Ca)

13.3.6 Transformator-Wandler

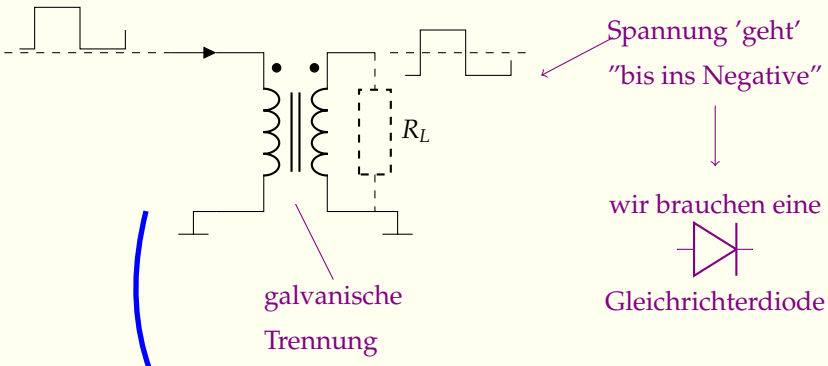
Windung::= 1 einzige Leiter-Windung (one turn of a winding)

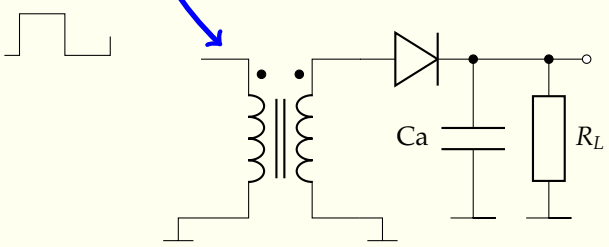
Wicklung::= mehrere (durchgehende oder reihengeschaltete) Windungen *(multiple continuos windings form a coil)*

Durchfluss-Wandler (forward converter) übertragen die Energie ohne magnetische Zwischenspeicherung direkt gleichzeitig auf die Sekundärseite. Die Ausgangsspannung ist nur mit dem Windungsverhältnis, jedoch **nicht mit dem Tastverhältnis** (duty cycle) steuerbar

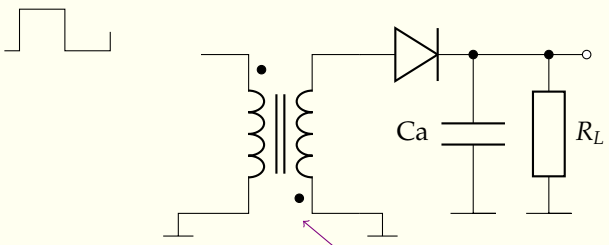
Sperr-Wandler (flyback converter) speichern die primärseitig eingespeiste Energie im Magnetfeld und liefern diese danach bei Magnetfeldabbau als Induktion zur Sekundärseite (die Induktion wirkt auf alle Windungen aller Wicklungen zugleich).
Die Energieübertragung erfolgt in 2 aufeinander folgenden Schritten (einspeichern: Magnetfeldaufbau, entnehmen: Magnetfeldabbau)

Strom-Welligkeit (current ripple) Die Induktor-Ströme werden (normalerweise) nur geringfügig gesteigert und wieder abgesenkt, und nicht "von 0 auf 100" aufgeschaltet und wieder "auf Null" reduziert (das würde man "trocken gefallene" (run dry) Spulen nennen, respektive "lückenden Betrieb" (discontinuos mode DCM))





C_a dimensioniert ma so,
dass aus der Stromwelligkeit ΔI_L
die gewünschte Spannungswelligkeit ΔUa
resultiert



Ausgangsspannung reagiert
auf Tastverhältnis
(wie 'boost converter')

ma kunnt auch nur die Diode umdrahjen!)

Servus Christoph, fürn Sperrwandler brauchn ma a Spule mit 3-Pins soweit i des verstanden hab. Gibts da eine in LTSpice bzw. welche Bezeichnung hat de? Liebe Grüße und schenen Tag nu! (Anna Wundrig)

→ Sperrwandler sind **Trafo**-Wandler und haben pro Wicklung 2 Anschlüsse.

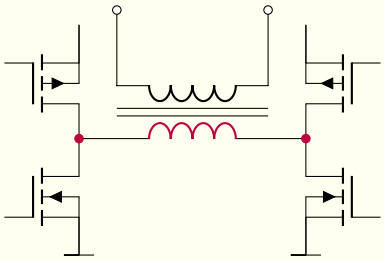
- 1 **Primär**wicklung
- 1 **Sekundär**wicklung
- 1 weitere Wicklung, falls damit eine Gegenkopplungs-**Regelschleife** zu realisieren ist
- evt. 1 weitere Wicklung (meist nur 1 Windung) für **Mess-Zwecke**: $U_{ind} = d(B * A)/dt$
- ggf. Wicklungen für **weitere Ausgangsspannungen**

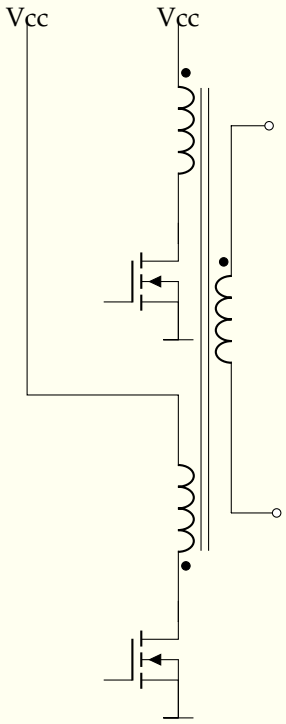
Auch die *Kombination* von Sperr- und Durchfluss-Prinzip ist denkbar: Eine Wicklung liefert in der AUS-Phase und eine in der EIN-Phase (wurde zB. im Bildröhren-Fernseher mit dem *Zeilen-Trafo* so gemacht: Die Durchfluss-Wicklung liefert die Horizontal-Ablenkspannung, die Sperrwicklung mit dem Rückholimpuls die Hochspannungsimpulse für die Kaskade der Bildröhren-Beschleunigungsspannung)

(Berti Besserwiss)

13.3.7 Gegentakt-Wandler

Gegentakt-Wandler (push-pull converter) sind Durchfluss-Wandler, jedoch werden statt Aufmagnetisierung und Entmagnetisierung aufeinanderfolgende Um-Magnetisierungen vorgenommen - der Betrieb entspricht dem 'gewöhnlichen' Netztransformator, aber mit wesentlich höherer Betriebsfrequenz und folglich kleineren Kernvolumina. Die Ansteuerung erfolgt mit 'H'-Brückenschaltungen bzw. über getrennte Primärwicklungen.





13.4 Handhabung von Power-HexMosFET

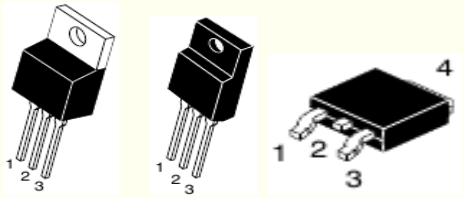
Unsere Impuls-Leistungs-MosFET (*'PwrMosFET'*) sind sog. selbstsperrende Anreicherungs- (enhancemend-) DMOS-HexFET (Weiterentwicklung aus dem VMOS); das *'Hex'* ist von der hexagonalen Sechseck-Wabenstruktur.

Die PwrMosFETs halten erstaunliches aus; zwei Misshandlungen **töten** sie jedoch rasch und dauerhaft:

a) Überschreiten der $U_{GS,max}$ (meist $\pm 20V$)
(auch **nur 1 [ns]** !)
Elektronen oder Metall-Ionen durchschlagen das Gate-Oxid und bleiben z.T. dort 'hängen', sodass diese Isolationsschicht leitend wird — das war's dann.
(besonders gefährlich bei
(selbst-)Induktionsspannungsspitzen)

b) Überhitzung == Betrieb ohne Kühlkörper (heatsink)
Die Atombewegungen werden so heftig, dass die Dotierungs-Atome ihren Platz verlassen (dem E-Feld entsprechend). Dies baut die Dotierungs-Grenzschichten ab/um zu einem falsch dotierten Bauteil, das dann immer schlechtere Verstärkungen und Schaltzeiten aufweist und schließlich dauerleitend wird.
Weiters wandert (*'vergiftet'*) Aluminium aus den Kontaktierungen ins Halbleitermaterial und überbrückt dort die Isolierungen; dies führt zu dauerleitenden Leistungshalbleitern.
Extrem überlasteten Bauteilen können aber auch interne Zuleitungs-Bond-Drähte ab-/durchschmelzen, sodass sie einfach nicht mehr kontaktiert sind (dann sperren sie natürlich).

Die TO-220/TO0247/DPAK Gehäuse (case) führen ohne Kühlkörper kaum Wärme ab und werden schon bei nur 1W Leistung unzulässig warm; bei 3W leben sie nur **wenige Sekunden** (experimentell ermittelt). Schon kleine U- oder Fingerkühlkörper verbessern das erheblich.
Wir messen deshalb, wie im Leistungsbereich üblich, *'gepulst'*, d.h. mit Rechtecksignalen *kurzer* Einschaltzeit. Mit *'kurz'* meinen wir solche Einschaltzeiten, die die spezifizierten, maximalen *'single pulse avalanche energy'* (zB. $E_{AS} = 91[mJ]$) und *'repetitive avalanche energy'* (zB. $E_{AR} = 4.8[mJ]$) -Angaben des Bauteils ausreichend unterschreiten.
(*Energie* $W[Joule] = P[Watt] \times t[Sekunden]$) Die verbreiteten Impuls-Schalt-Leistungs-MOSFET in den Gehäusen TO-220, TO-220FP/ISO, TO-247, DPAK, D2PAK ua:



Die Anschlüsse sind (i.d.R.)

1-Gate

2-Drain (mit Kühllasche (4) verbunden)

3-Source

Die neueren SMD Varianten werden oft mit der Kühllasche (4) flach auf die Platine (PCB) gelötet, sodass die Kupferfläche ('pad') zugleich Drain-Anschluss und Kühlkörper (heat sink) darstellt und das Anschlussbein (2) fehlt.
Typisch sind:

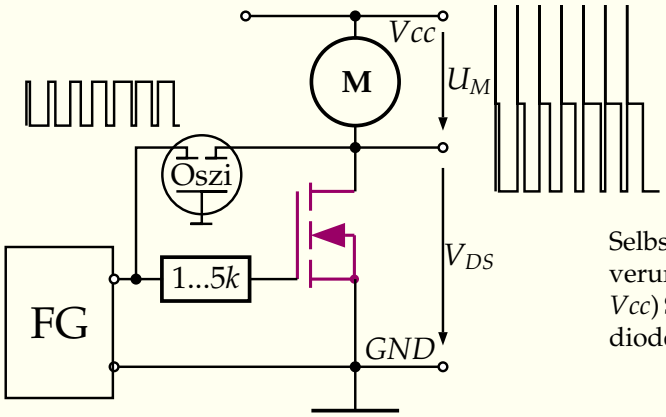
- $P_{V,max} \approx 50W$
- $V_{BR,DSS} \approx 50..800V$
- $I_{D,max} \approx 2..30A$

Das heisst auch für DICH:

a) ausschließlich nur **mit** Kühlkörper! ← nur! ← **niemals!!!** ohne

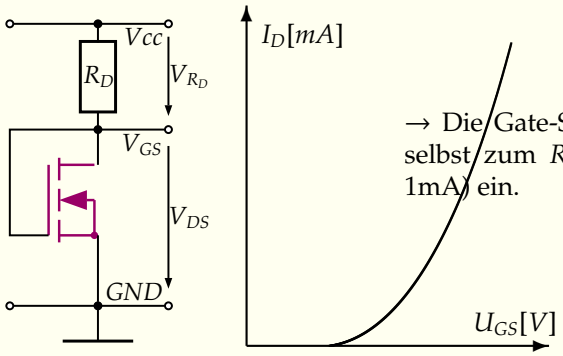
b) **DU** sorgst dafür, dass die V_{GS} die max.$\pm 20V$ **niemals** überschreiten **kann!**

13.4.1 Primitiv-Schaltung:



Selbst**induktion** ('inductive kickback') verursacht die bremsenden ($U_{spitz} > Vcc$) Spannungsspitzen → mit Freilaufdiode läuft der Motor besser.

13.4.2 $V_{GS,th}$ - Messung:

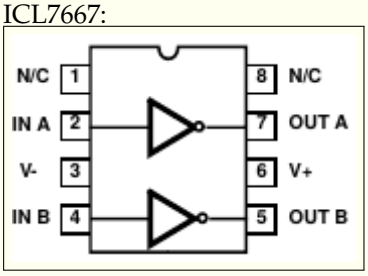


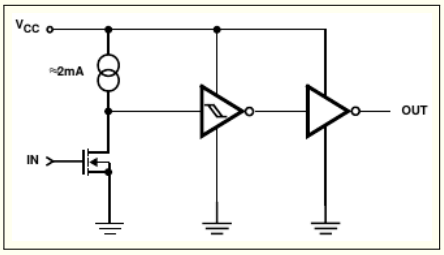
→ Die Gate-Spannung V_{GS} stellt sich selbst zum R_D-Strom passend (meist 1mA) ein.

13.4.3 Gate-Treiber für Power MosFET

- Push/Pull BJT od. MosFET
- Gatterparallelschaltung (zB. alle 6 Inverter eines 4049 od. 4050 parallel)
- spez. ICs zB. TC4427 (< 1.5A), ICL7667 (< 300mA) ua.

ICL7667:





→ Wieviel Strom brauchi (um ein MosFET-Gate *schnell* aufzuladen) ?

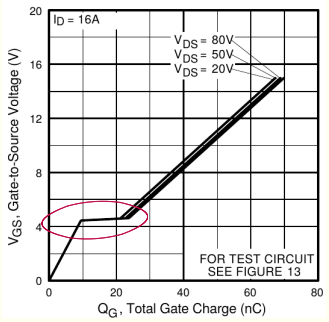
Regel-1: **Kuh = Kuh:** **Q = C*U**: [As] = [F] * [V] ⟶ I = C*U/t [s] = [F]*[V]/[s]

Regel-2: **Miller-Effekt:** $C_{in} = C_{GS} + A_V * C_{GD}$ (A_V...Amplification of Voltage)

V(C_{GD}) muss sich nicht um ΔV_{in} erhöhen sondern

- weil gleichzeitig V_D sinkt -

um *viel* mehr (im kontinuierlichen (=analogen) Fall um die Spannungsverstärkung Av.



Im Schaltbetrieb ($A_V = \infty$) rechnet man **einfacher** mit den Ladungen:

Ein Datenblatt (zB. IRF540) zeigt das ausschlaggebende 'Plateau'

bei $V_{GS,th}$ mit dessen Miller-Effekt.

Die Q_G-Beiträge unterhalb und oberhalb

sind relativ bedeutungslos.

Der Datenblattwert 'Q_G'=Q_{GS} + Q_{GD} gilt für

ΔV_G: $0V \rightarrow 10V$

Obwohl eher der Bereich $3V \rightarrow 6V$ anzupeilen wäre,

verwenden wir den Datenblattwert einfachheitshalber (kannma ja korrekturrechnen) trotzdem.

Dann wird es einfach:

Mit Q = I*t ergibt sich | I = 72nCb / t |

Den IRF540 in 100ns einzuschalten erforderte I = 72nCb/100ns =

| 0.72A !!! |

Umgekehrt dauert das IRF540-Einschalten mit I_G=300mA (ICL7667) t = 72nCb/0.3A =

| 240 ns |

Ein BC560 ($I_{C,max} = 100mA$ braucht t = 72nCb/0.1A =

| 720 ns |

13.4.4 Verlustleistungs-Berechnungs-Reparaturanleitung

XH am Sa-11Mar'22 an xyz

1) für die erwärmende Verlustleistung ist nicht die Schaltverzögerungszeit $t_{d,on}$ bzw. $t_{d,off}$ sondern die Strom-Anstiegszeit t_{rise} (t_r) bzw. Abfall-Zeit t_{fall} (t_f) maßgeblich. Beim IRF540N sind das die t_r=35ns und t_f=35ns (auch)
2) Phil hat inzwischen nachgerechnet: Die von mirXH vorgebrachte Schätzung
   Pv = Umax/2 * Imax/2 = Umax*Imax/4
   ist zu vorsichtig, der per Integral nachgerechnete Faktor ist
   Pv = Umax*Imax / 6
3) der IRF540 haltet ka $350V_{DS}$ aus, nur 100V
4) die 'leitend-Verluste $I_D^2 \cdot R_{DS}$' und die 'Schalt-Verluste $U_{DS} \cdot I_D/6$' derfsch nit einfach zamm zählen, weil sie zu unterschiedlichen Zeiten und vor allem unterschiedlich lang anfallen:
   - die Leitendverluste habi nur zur Einschalt-Dauer t_{ein}
   - die Schaltverluste habi nur beim Einschalten/Ausschalten fuer 35ns

   Ez mussma mitrechnen,
   a) wieviel % von einer Sekunde is des Ding eingeschaltet
   b) wieviel % von einer Sekunde wird grad von 'Lo' auf 'Hi' (Anstieg) oder von 'Hi' auf 'Lo' (Abfall) geschaltet.

   Dazu brauchtma auch die Schaltfrequenz (von der hamma gar nie gredet)
   → Leitendverluste Pv,ein = $fs * 7,44W * t_{ein}/t_{periode}$

→ Schaltverluste Pv,S = $fs * 1137W * (t_r + t_f)/t_{periode}$
Ohne die Gewichtung mit der t_r bzw. t_f kimp ma auf vielzviel Pv

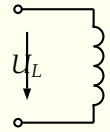
5) beim I_G hasch lediglich die 11ns t_d gnummen statt der 35ns t_r, sodass mirXH aussa kamat:
$I_G = (350V_{DS}+10V_{GS}) * 250pF_{Crss}/35ns(t_r) = 2.5Amp$

greez LGXh

13.5 (Drossel-)Spule schalten, L*$\partial I/\partial t$

Spule	Kondensator
Induktionsspannung	Ladestrom
$U_L = L * \frac{\partial I}{\partial t}$	$I_C = C * \frac{\partial U}{\partial t}$
gespeicherte Energie	gespeicherte Energie
$W_L = \frac{L * I^2}{2}$	$W_C = \frac{C * U^2}{2}$

In einer Spule der Induktivität L=150μH
steigt bei $U_L = 5V$
die Stromstärke I um:

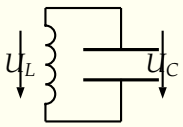


$$U_L = L * \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow \Delta I = \frac{U_L}{L} * \Delta t \quad (13)$$

$$= \frac{5V}{150\mu H} * 1\mu s = 33.3mA \text{ (je } \mu s) \quad (14)$$

$$\Delta I = 33.3\frac{mA}{\mu s} \quad (15)$$

Wenn wir damit einen Kondensator der Kapazität C=1μF
aufladen, dann ändert sich dessen Spannung U_C um:

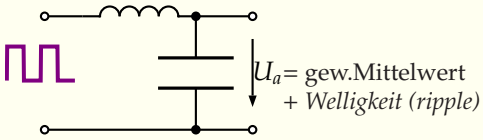


$$I_C = C * \frac{\Delta U}{\Delta t} \rightarrow \Delta U = \frac{I_C}{C} * \Delta t \quad (16)$$

$$= \frac{33mA}{1\mu F} * 1\mu s = 33.3mV \text{ (je } \mu s) \quad (17)$$

$$\Delta U = 33.3\frac{mV}{\mu s} \quad (18)$$

Was tut sich da:



allgemeine
wichtige Annahme:
Die Welligkeiten seien vernachlässigbar gering
→
Wir können während der Auf- und Entladevorgänge Spannungen und Ströme als fix so betrachten, dass
$\int_{\Delta t} U(t)dt \approx U(t) * \Delta t$
$\int_{\Delta t} I(t)dt \approx I(t) * \Delta t$

13.6 Capacitor C und Induktor L mit PWM

Im Zuge von PWM sind Berechnungen und Dimensionierung mit Spulen und Kondensatoren vorzunehmen. Dazu brauchen wir

$$I_{Cap} = C\frac{\partial U_C}{\partial t}$$
$$U_{Ind} = L\frac{\partial I_L}{\partial t}$$

diskretisiert als:

$$I_{Cap} = C\frac{\Delta U_C}{\Delta t}$$
$$U_{Ind} = L\frac{\Delta I_L}{\Delta t}$$

(Δt so klein, dass U_{Ind} bzw. I_{cap} 'konstant genug')

Die Energie E=W in Cap und Ind ist:

$$W_{Cap} = C\frac{U^2}{2}$$
$$W_{Ind} = L\frac{I^2}{2}$$

Energie ≡ Arbeit
gespeicherte Energie [J] = aufgebrachte Arbeit [J] = entnehmbare Arbeit [J] (Energie-Erhaltung)

Im Stationärbetrieb müssen (logischerweise)

Spannungs-/Strom-Zunahme in der Einschaltphase	≡	Spannungs-/Strom-Abnahme in der Ausschaltphase
$+\Delta U_{c,ein}$	↔	$-\Delta U_{c,ein}$
$+\Delta I_{L,ein}$	↔	$-\Delta I_{L,ein}$

Daraus resultieren:

Spannungs×Zeit-Fläche (beim L):
$U_{ind} \bullet t_{ein} = -U_{ind} \bullet t_{aus} = L \bullet \Delta I_L$

und

Strom×Zeit-Fläche (beim C):
$I_{cap1} * t_{ein} = -I_{cap2} * t_{aus} = C * \Delta U_C$

Natürlich werden auch
- das OHM'sche Gesetz $U = R * I$
- die Kirchhoff'sche Maschenregel $\sum_m U_m = 0$ und Knotenregel $\sum_k I_k = 0$
- das lineare Überlagerungsprinzip (Helmholtz)

angewendet.

Puls =	Rechteck-Schwingung (square wave)	
f	Frequenz[1/s] (frequency)	$\frac{AnzahlPulse}{[s]} = \frac{1}{t_{ein}+t_{aus}} = \frac{1}{t_{gesamt}}$
T=1/f	Periode[s] (period)	$T = t_{gesamt} = t_{ein} + t_{aus} = t_{on} + t_{off} = t_{tot}$
t_{ein} (t_{on})	Pulsbreite[s] ('PulsWeite', pulse width)	$t_{ein} + t_{aus} = t_{gesamt}$ ($t_{on} + t_{off} = t_{tot}$)
t_{rise}	Anstiegszeit[s] (rise time)	von 10%*Umax bis 90%*Umax zu messen
t_{fall}	Abfallzeit[s] (fall time)	von 90%*Umax bis 10%*Umax zu messen
p	Tastverhältnis (duty cycle) ϵ[0..1] ≡ 0%..100%	$\frac{t_{ein}}{t_{gesamt}} = \frac{t_{ein}}{t_{ein}+t_{aus}} = f * t_{ein}$
$\hat{U}$	Pulsamplitude[V]	$U_{puls}\ \epsilon\ \{Umin, Umax\}$

13.7 Design of the Drossel- /Trafospule

13.7.1 se story of Magnetfeld

Es war einmal ein Magnetfeld H. Einsam, allein, lonely, fad. So sehnte sich H nach einem gleichartigen Partner, aber halt folgsam, abhängig, gut proportional, so, wie die elektrische Spannung U einen hatte - den elektrischen Strom I, der bekanntlich bei der geringsten Spannung dahinfließt. Und siehe da - gesucht - gefunden - der magnetische Fluss Φ (→magnetische Flussdichte $B = \frac{\Phi}{A_{quer}}$) bot sich an. Nach dem ***H**elvetischen **B**ekenntnis (**HB**)* wurden $\mathbb{H}$ und $\mathbb{B}$ auf dem magnetischen Standesamt vom ehrwürdigen Proportionalitätsfaktor *"Müh"* (ein Grieche, in den Buchstaben seiner Muttersprache 'μ') getraut (in doppelbrechenden Medien ist μ ein Tensor). Als Ehering diente ein damals hochmoderner Ferritring mit der Signatur 'A_L' ($\frac{\mu \cdot A_{quer}}{l}$) und B ist seither verdammt, ihrem H alles μ-fach nachzumachen

$$B = \mu * H$$

(gleich wie I, der muss bekanntlich immer das G-fache tun: $I = G * U \;\ldots\ldots\; G = \frac{1}{R}$)

μ ist sowas wie $G = 1/R$, eine Art Leitwert - die "*magnetische Leitfähigkeit*"
(nennt man gelegentlich wirklich so)

Aus Phantasielosigkeit machen die nun alles dem Elektrischen nach:

$$H = \frac{I * N_{wdg}}{l}$$

↓

$$B = \mu * H$$

↓

$$U_{ind} = N_{wdg} * A_{quer,Kern} * \frac{\partial B}{\partial t}$$

Gib's zua, Du findeschdes kindisch, lesesches aber genauso wenig wia Fachbuch, sonsch würdeschdi ja scho auskennen. So gesehen ein *write only* Dokument, is dann eh wurscht, wasi schreib...

13.7.2 (Selbst-) Induktion (inductive Kickback)

ist die Spannung U_{ind}, die in der Erreger(primär)wicklung selbst bei (wodurch immer ausgelöste) Magnetfeldänderung induziert wird.

$$\frac{U_{ind}}{N_{wdg}} = \frac{\partial(B * A_{\perp quer})}{\partial t}$$

entspricht

$$U_{ind} = L\frac{\partial I}{\partial t}$$

mit

$$\mathbf{L} = \underbrace{\frac{\mu \cdot A_{quer}}{l_e}}_{\text{"A}_L\text{ - Wert"}} * N_{wdg}^2$$

ACHTUNG: A_L- wird oft 'at 100 turns' (Windungen) angegeben

$$H = \frac{I}{l_e} \cdot N_{wdg}$$

$$B = \underbrace{\mu \cdot H}_{\mu \cdot I/l_e \cdot N}$$

$$U_{ind} = \frac{\partial(N_{wdg} * A_{\perp quer} * \mu \cdot I/l_e \cdot N_{wdg})}{\partial t}$$

$$U_{ind} \overset{\text{nur I variabel}}{=} L \cdot \partial I/\partial t$$

Gegeninduktion ist eine in einer anderen Wicklung induzierte Spannung $U_{ind,2}$ s.o.
Die *Windungsspannung* U_{ind}/N_{wdg} - die Induktionsspannung pro Wicklungswindung; sie ist in allen vom selben Magnetfeld durchflossenen Windungen gleich (Wicklungssinn = links-/rechtsdrehend beachten)

Streu-Induktivität L_s, Kopplungsfaktor M (mutual)
Der Grossteil des Magnetfeldes wird im *Magnetkern* geführt. Ein kleiner Rest der Magnetfeldlinien ausserhalb des Kerns wird entweder

a) als *'Streufeld'* in einer gesonderten *'Streufeldinduktivität'*, *'Streuinduktivität'* L_{streu} erfasst
($L_{streu} << L \xrightarrow{erzeugt}$ Resonanzen mit $f_{streu} >> f_{schalt}$)

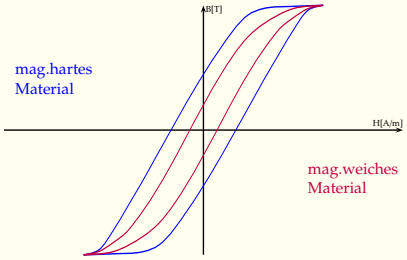
oder b)
als *Verlust* im Kopplungsfaktor $M < 1.0$ (zB 0,98) ignoriert.

Schaltungssimulatoren realisieren Trafos prinzipiell als zwei gekoppelte Spulen mit Kopplungsbefehl 'K' und Faktor M < 1
zB.

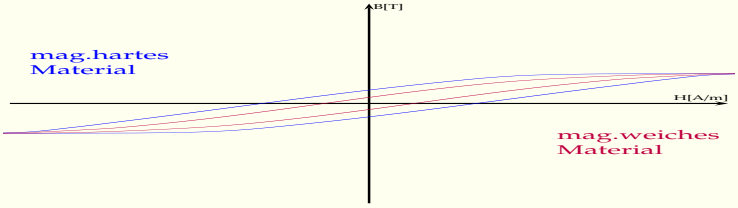
```
L1    node1    node2    160u
L2    node3    node4    1.6u
K12   L1       L2       0.98
```

13.7.3 Kernmaterial

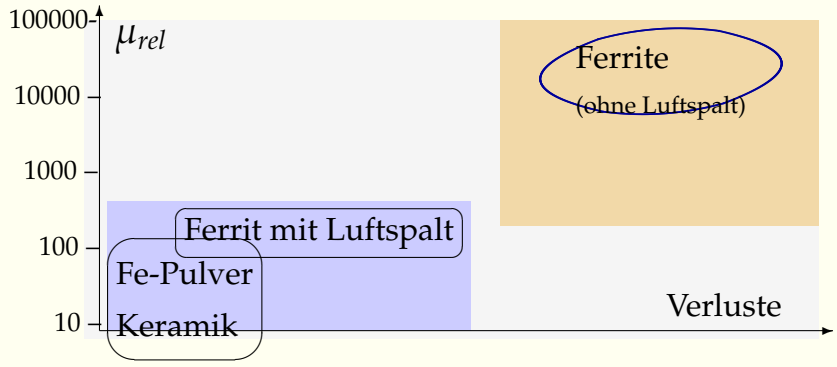
Ferrit-Magentisierungskurve



Magentisierungskurve mit Luftspalt bzw. Eisenpulver



- Luft
  hat den Vorteil, dass man sie magnetisieren kann, bis es die Moleküle zerreisst (und da magi nit dabei sein)
  dafür ist das "$\mu_{relativ}$" == 1.0, dh. sie hat nur wenig "L" bzw. braucht 'Millionen' Windungen, wodurch der Drahtwiderstand hoch wird.
- Ferrit
  wird wegen des hohen "$\mu_{relativ}$" (bis 10000 und drüber) meist verwendet.
  Für Speicherdrosseln ist ein "Luftspalt" erforderlich, (beim Eisenpulver ist der schon mit reingemischt)
- Eisenpulver
  wirkt wie ein fein verteilter Luftspalt
- Nägel, Wasserleitungsrohre, Zahnspangen, Dauermagnete . . .
  sind gänzlich ungeeignet, da es *magnetisch 'harte'* Werkstoffe sind, dh. sie lassen sich schwer magnetisieren und entmagnetisieren - jedes Mal wird Energie verheizt.



Ferrit:	**Luftspalt + Eisenpulver:**
+viel μ	+wenig μ
+Verluste	+hohe Güte 'Q'[6]
wenn ich Ferritmaterial magnetisiere, kriege ich hohe Verluste+Erwärmung → a) ich magnetisiere nicht (kaum) b) ich will die Verluste	Nachteil: wenig μ Vorteil: wenig Verlust Ein Luftspalt erzeugt starkes "Streufeld"

a) wenig magnetisiert → kaum Verluste:	Trafo	Schwingkreis:	hohe Güte
b) Verluste erwünscht:	EMI choke	Speicherkern:	maximal magnetisiert
	viel Verlust		wenig Verluste

13.7.4 some Designrulez

- $B_{max} < 200mT$ immer sicher unterschreiten
- mach X_L bei der niedersten Betriebsfrequenz > 5 mal so gross wie die Quell-/Lastimpedanz (HF)
- "Windungsspannung": $\frac{U_{L,ind}}{proWdg.} = A_{querschnitt} * \frac{\partial B}{\partial t}$

  $\xrightarrow[Wicklung]{gesamte} U_{L,ind} = N * A_{querschnitt} * \frac{\partial B}{\partial t}$
- viel μ + **wenig** Windungen → Kernverluste

  wenig μ + **viele** Windungen→ Drahtverluste, parasit.Kapazität, reduzierte Bandbreite
- HF- Übertrager haben wenig Windungen, nura handvoll, brauchen aber auch wenig L

- keine Ferrite für Schwingkreise!
  (zu hohe Temperaturkoeffizienten, Verluste + Rauschen)

13.7.5 Aufgabe-3d: DC/DC Wandlung mit Drosselspule

Aufgabe:

Entwirf und dimensioniere

einen Abwärtswandler (*'buck converter'*)

f. folgende Angaben

geg.:

Wandlerdrossel $L_1 = 150uH$, $0.5A_{max}$

$U_{in} = 5V$ (nicht aus USB!)

$U_{out} < U_{in} = 3.3V$

Welligkeit (ripple) < 20mVss

ges.:

Schaltfrequenz f_s,

Tastverhältnis p

Ladekapazität C_a

Prinzip und Dimensionierung:

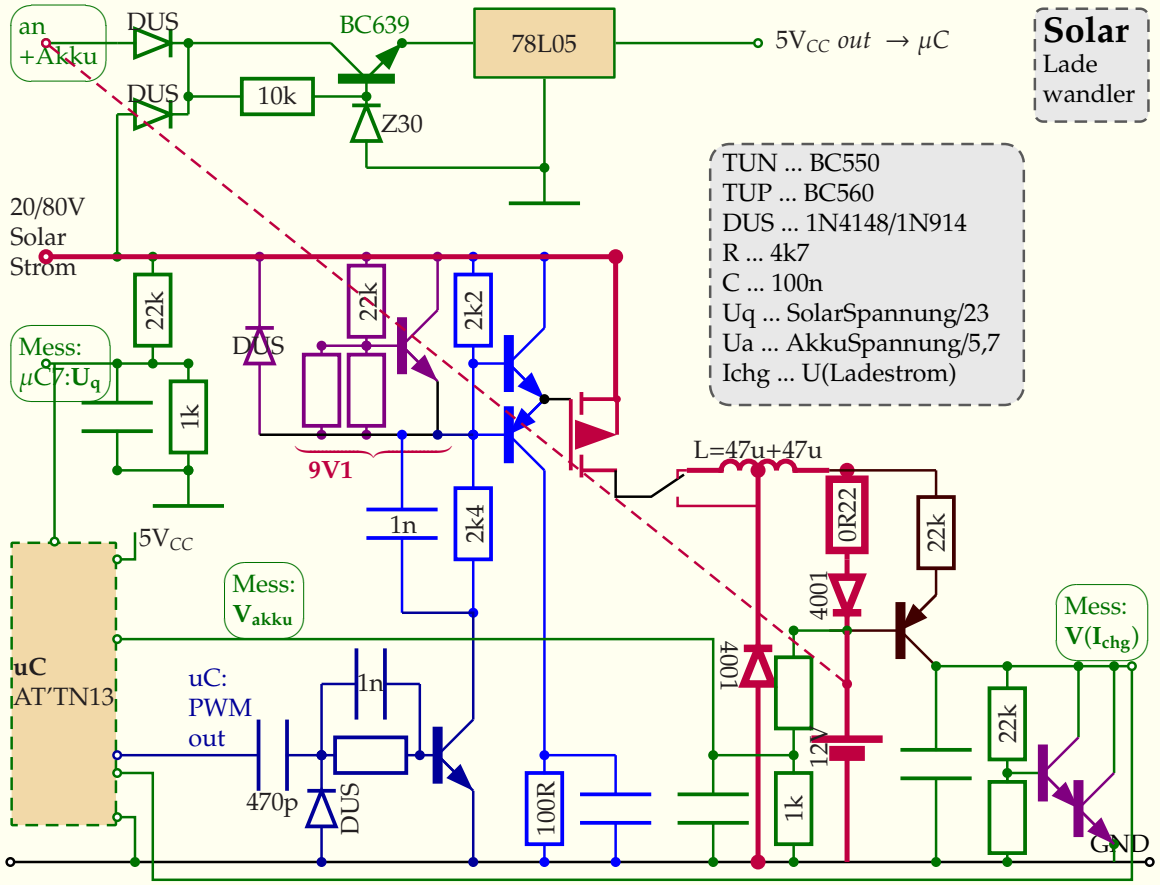
→

Abwärtswandler (buck converter, step-down converter)

s. Kap 13.2.6, S.26,

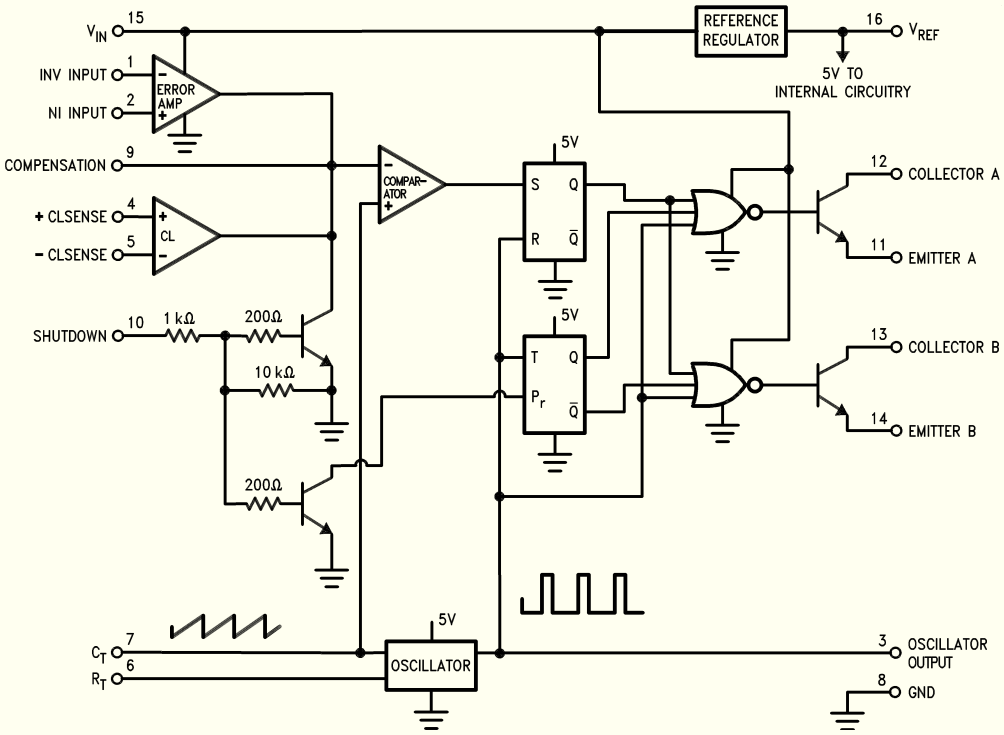
'Prinzip: Abwärtswandler (buck converter)'

13.8 Solarwandlerschaltung



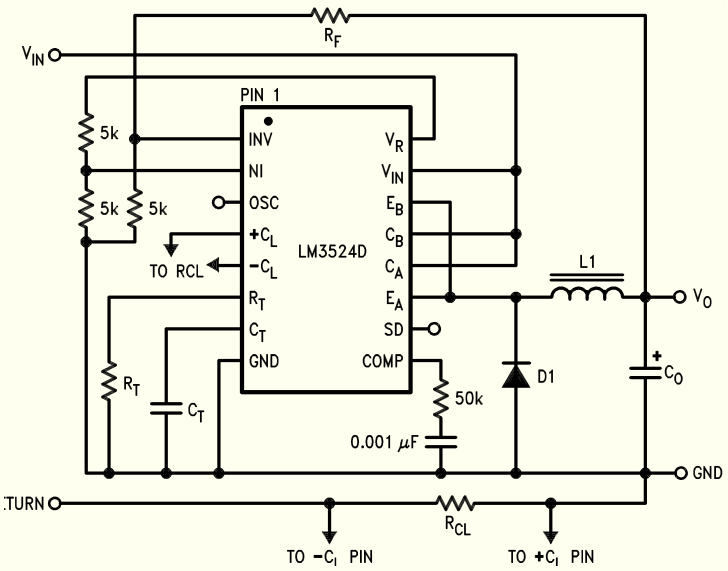
13.9 PWM Regelung + ICs

13.9.1 SMPS mit SG3524



BlockDG:

13.9.2 SG3524 typical application



13.9.3 SMPS mit Ne555

s. auch → "NE555 Application notes"

13.9.4 SMPS mit uC (micro ontroller)

13.9.5 Argumentation

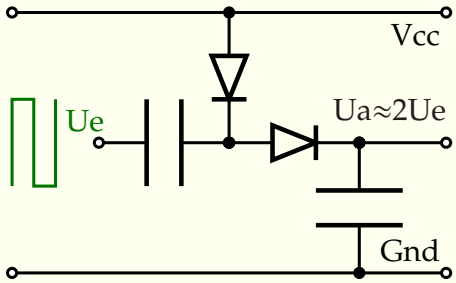
+ **'555** reicht bis 500kHz
+ **'555** ist nahe am Prinzip der PWM-Erzeugung mit Δ-Generator plus Komparator
– **uC** erfordert zusätzl. Programmierung (Einrichtung e. Entwicklungssystems)
+ **uC** kann volle 0..100% duty cycle (Tastverhältnis)

TBD. (bedeutet 'to be done' ≡ in Arbeit)

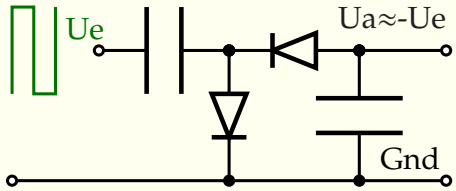
SG3524

13.10 Ladungspumpe (*charge pump, voltage multiplier*), ICL7660-MAX1044-MAX680

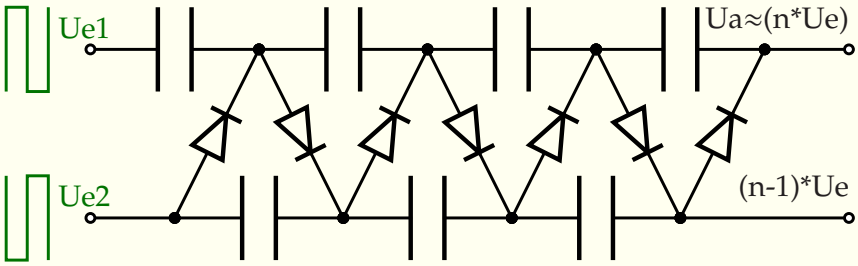
13.10.1 Spannungsverdoppler (Villard)



13.10.2 Inverter



13.10.3 Spannungsvervielfacher (Greinacher)



entwirf und dimensioniere Ladungspumpen (charge pump) für

- Spannungsverdopplung aus USB
- inverse Spannung -5.0Vdc aus USB
- duale (symmetrische) Stromversorgung ±15V f. OpAmp
- 30Vdc Kapazitätsdioden- (varicap) Abstimmspannung
- ermittle den Innenwiderstand Deiner Ladungspumpe a) rechnerisch b) messtechnisch; kann $Ri = \frac{N}{f \cdot C}$ stimmen?; als Rechteck-Quelle verwende den Funktionsgenerator (Ri=50Ω!) oder den NE555/556 (Bauteilset)

mit

- □ NE555
- □ ICL7660 ≡ MAX1044
- □ MAX680

TBD. (bedeutet 'to be done' ≡ in Arbeit)

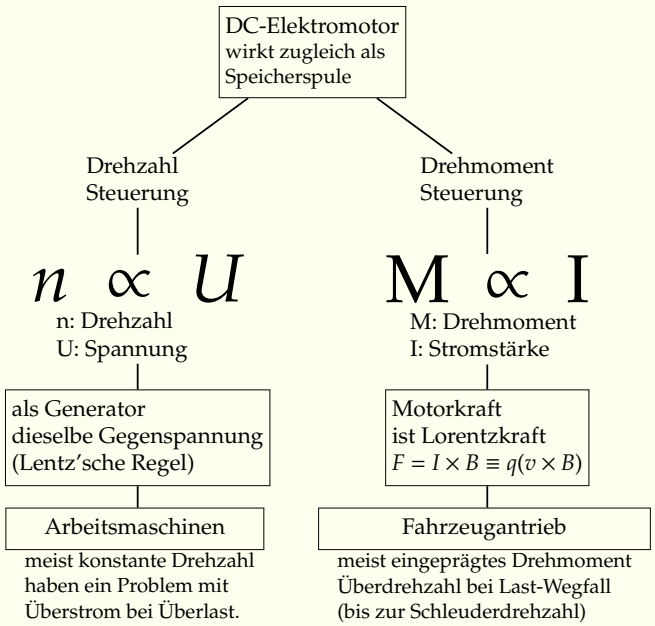
Ladungs pumpe

.

13.11 Aufgabe-4: eMotor

Entwirf einen PWM Motorstromwandler für DC- Nebenschlussmotoren

- für 5V Ausgang (e-Motor)
- 12V_{DC} Eingang (Akku, Labornetzteil, Halogenvorschaltgerät)
- NE555 als PWM Generator
- als *'buck converter'*
- mit n-Kanal-MosFET (mir ham kan p-Channel MosFET)



13.12 Aufgabe-5: LED Betrieb

Entwirf einen Konstant**strom**-Drosselwandler

- **20mA** Ausgang (LED Betrieb seriell, dh. 1, 2, 3... LED in Serie - immer 20mA)
- **12**[±5]V_{DC} Eingang (Akku, Labornetzteil, Halogenvorschaltgerät)
- NE555 als PWM Generator mit **n-Channel-PwrMosFET** als Leistungsschalter
- Design Job: Als *'buck? / boost? converter'*
- Design Job: Regelkreis für LED-Konstantstrom?

13.13 Aufgabe-6: Stromversorgung

Zur Stromversorgung diverser Baugruppen wird (anstelle von 230V-Netzgeräten) in zunehmendem Ausmaß das *"PoL - Point of Load"* Konzept verfolgt: Direkt am Ort des Bedarfes (zB. am Prozessor, RAM, Cache, Sender,...) werden maßgeschneiderte DC/DC-Wandler eingebaut, die aus einer zentralen (weniger stabilen) Quelle (Akku, PoE, Energy Harvesting, Netzwandler) gespeist sind.

Solche Wandler sind also (neben LED/Motor/Akku-Vorschaltwandlern) von zentraler Bedeutung

Wir studieren deshalb die häufigsten Wandlerkonzepte aus dem Kleinleistungsbereich:

- **Durchfluss**wandler
- **Sperr**wandler
- **Drossel**wandler

TBD. (bedeutet 'to be done' ≡ in Arbeit)

13.14 Digitalendstufe (class D Audio Amp)

13.14.1 Class D Audio Amp

Im Gegensatz zur Gegentaktendstufe, die ein Signal analog zum Originalsignal soweit verstärken kann, bis es die maximal vom Netzteil zur Verfügung stehende Spannung erreicht, arbeitet die PWM-Endstufe nach einem anderen Prinzip: Es schwingt ein symmetrisch arbeitender Dreiecksgenerator mit einer typischen Frequenz von ca. 250..500 kHz. Das anliegende Tonsignal wird mit einem Komparator mit dem Dreiecksignal verglichen. Durch den Aufbau als Komparator verändert die Schaltung das sinusförmige Tonsignal in Rechteckpakete.

Ist das Dreiecksignal größer als das Tonsignal, springt der digitale Ausgang auf "high". Ist das Dreiecksignal kleiner, dann springt es auf "low". Das Tonsignal liegt nun im Tastverhältnis des modulierten Signals vor. Der Mittelwert liegt dadurch etwa proportional zum Mittelwert des Tonsignals. Diese Rechteckpakete werden der eigentlichen Endstufe zugeführt, welche nur ein- bzw. ausschalten aber keinen linearen Betrieb aufweist. Dadurch wird an der Endstufe, bestehend aus Leistungstransistoren im Schaltbetrieb, weniger Verlustleistung erzeugt und der Wirkungsgrad ist höher.

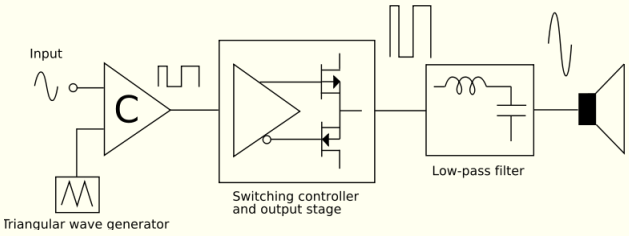
Vorteile sind neben dem

+ höheren Wirkungsgrad
+ ein einfacherer Netzteilaufbau, meist in Form eines Schaltnetzteils mit nur einer Versorgungsspannung;
+ geringere Wärmeverluste
+ und damit weniger Energieverbrauch.
+ Ein weiterer Vorteil ist das erheblich niedrigere Gewicht gegenüber analogen Geräten.

Es ergeben sich bei zu geringer Wahl der PWM-Frequenz Verzerrungen des Signals und Artefakte. Deswegen sollte die Schaltfrequenz möglichst hoch sein, was aber den Wirkungsgrad senkt. Ein weiterer Nachteil sind die systembedingten Oberschwingungen, die ein Störsignal im Frequenzbereichen von Langwellensendern abgeben können. Bei hochwertigeren Audioendstufen werden diese Störungen durch passive Filter zwischen Endstufe und Lautsprecher unterdrückt.

Anwendung:

- Handies, Smartphones, PC-Soundkarten
- Beschallungsanlagen ("PA-Anlagen")
- Kfz-Verstärker (bes.Subwoofer) (hohe Leistung bei geringer Versorgungsspannung)



Aufgabe

immer:

→ Bitte eigene **Bauteile**, Kabel, Steckbrett, DMM, RasPi usw. mitführen.
→ Bitte ständig per händischer **Mitschrift** protokollieren (Unterrichtsmitschrift).
→ Messaufbauten sind ***sauber und sorgfältig*** auszuführen — Vermistung mit Kleidern, Schreibutensilien, Nahrungskomponenten, Spielsachen udgl. isch 'Nein!'

Alle Versuche und Messungen sind detailliert händisch in der Unterrichtsmitschrift zu protokollieren und rechnerisch zu hinterfragen.

□ Verwende einen Ringkern aus *'Magnetmaterial'*
'Magnetmaterial' (kein! Fachausdruck) sei **ferromagnetisches** Material wie Eisen, Zink, Nickel, Mangan, Cobalt, Ferrit, Siliziumeisen odgl., auch mit Luftspalt oder Eisenpulver, **mit *hohem*** $\mu_r = \mu/\mu_0$ ϵ ($\sim 100..10^5$)
aber nicht diamagnetisches oder paramagnetisches mit nur geringem μ_r
Bekannteste Hersteller/Quellen sind zB. *Amidon, Ferroxcube, EPCOS, Vacuumschmelze*

□ Bringe unterschiedliche Wicklungen auf (Windungen zählen!)
□ erzeuge mit Rechtecksignalen ein H-Magnetfeld
schätze seine Größe ab

- ☐ variiere Frequenz und Tastverhältnis,
  erstelle x-y-Diagramme (incl.Fehlerrechnung)
- ☐ bestimme die B-MagnetFlussDichte
  und das maximale B-Feld B_{max} (Sättigung) mittels Messung
- ☐ ermittle die Auswirkungen von Belastungen einer der Wicklungen? (U?, I?, B?)
- ☐ Ergänze Deinen Gesamtbericht!
- ☐ *von eigenberechtigten Erwachsenen (und ErwachsInnen) ist Eigenständigkeit anzunehmen.*

Aufgabe

immer:

→ Bitte eigene **Bauteile**, Kabel, Steckbrett, DMM, RasPi usw. mitführen.
→ Bitte ständig per händischer **Mitschrift** protokollieren (Unterrichtsmitschrift).
→ Messaufbauten sind ***sauber und sorgfältig*** auszuführen — Vermistung mit Kleidern, Schreibutensilien, Nahrungskomponenten, Spielsachen udgl. isch 'Nein!'

Alle Versuche und Messungen sind detailliert händisch in der Unterrichtsmitschrift zu protokollieren und rechnerisch zu hinterfragen.

- ☐ verwende
  - die Ergebnisse aus letzter Aufgabe und
  - die 150uH-Ringkerndrossel
- ☐ ermittle die Limits
  - für die Schaltfrequenz f_s,
  - Ein- und Ausschaltzeiten t_{ein}, t_{aus},
  - Spannungen U_{ein}, U_{aus} und
  - Ströme $I_{L1}, I_{L2}, I_{...}$.
- ☐ betreibe sie als Drossel- und Transformatorwandler
- ☐ bestimme messtechnisch die Betriebsparameter
- ☐ Ergänze Deinen Gesamtbericht!
- ☐ *von eigenberechtigten Erwachsenen (und ErwachsInnen) ist Eigenständigkeit anzunehmen.*

13.15 SMPS-II: Sperrwandler

Aufgabe

immer:

→ Bitte eigene **Bauteile**, Kabel, Steckbrett, DMM, RasPi usw. mitführen.
→ Bitte ständig per händischer **Mitschrift** protokollieren (Unterrichtsmitschrift).
→ Messaufbauten sind ***sauber und sorgfältig*** auszuführen — Vermistung mit Kleidern, Schreibutensilien, Nahrungskomponenten, Spielsachen udgl. isch 'Nein!'

Alle Versuche und Messungen sind detailliert händisch in der Unterrichtsmitschrift zu protokollieren und rechnerisch zu hinterfragen.

- ☐ Entwickle einen 'POL'-Sperrwandler Ua=0.5V, Ue=15V
  'POL' ... point of load
- ☐ Verwende den 555-Timer als PWM-Controller
- ☐ Ergänze Deinen Gesamtbericht!
- ☐ *von eigenberechtigten Erwachsenen (und ErwachsInnen) ist Eigenständigkeit anzunehmen.*

13.16 SMPS-III: LED-Stromversorgung

Aufgabe

immer:

→ Bitte eigene **Bauteile**, Kabel, Steckbrett, DMM, RasPi usw. mitführen.
→ Bitte ständig per händischer **Mitschrift** protokollieren (Unterrichtsmitschrift).
→ Messaufbauten sind ***sauber und sorgfältig*** auszuführen — Vermistung mit Kleidern, Schreibutensilien, Nahrungskomponenten, Spielsachen udgl. isch 'Nein!'

Alle Versuche und Messungen sind detailliert händisch in der Unterrichtsmitschrift zu protokollieren und rechnerisch zu hinterfragen.

- ☐ Entwickle eine Drosselwandler-LED-Stromversorgung: I_{out} : $20mA$, U_e : $15V$
- ☐ Verwende den 555-Timer als PWM-Controller
- ☐ Ermittle die Konstanz von I_{out} messtechnisch
- ☐ Ergänze Deinen Gesamtbericht!
- ☐ *von eigenberechtigten Erwachsenen (und ErwachsInnen) ist Eigenständigkeit anzunehmen.*

13.17 SMPS-IV: Abschirmung

Schaltvorgänge, Puls- und Rechtecksignale verursachen Störsignale, die sich aufgrund ihrer Oberwellen im HF-Bereich über Leitungen und E- bzw. H-Felder ausbreiten, wodurch sich elektrische Geräte gegenseitig stören (EMV='elektromagnetische Verträglichkeit', EMI='electromagnetic interference'). Das (rechtswidrige) Inverkehrbringen nicht ausreichend (Grenzwerte) entstörter Geräte ist entsprechend zu prüfen und zu verhindern. https://youtu.be/Uj8oN3WETKo wieFunktioniertEineAntenne

Aufgabe

immer:

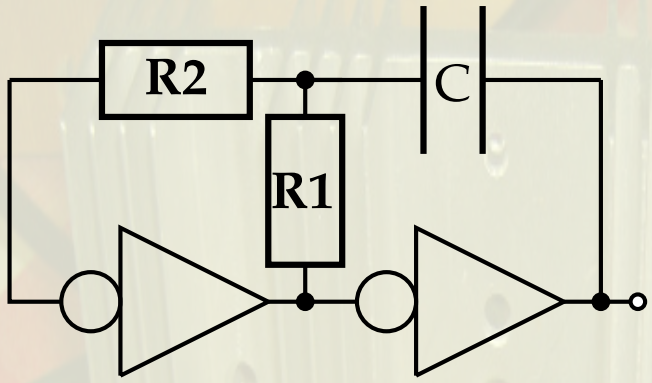
→ Bitte eigene **Bauteile**, Kabel, Steckbrett, DMM, RasPi usw. mitführen.
→ Bitte ständig per händischer **Mitschrift** protokollieren (Unterrichtsmitschrift).
→ Messaufbauten sind ***sauber und sorgfältig*** auszuführen — Vermistung mit Kleidern, Schreibutensilien, Nahrungskomponenten, Spielsachen udgl. isch 'Nein!'

Alle Versuche und Messungen sind detailliert händisch in der Unterrichtsmitschrift zu protokollieren und rechnerisch zu hinterfragen.

- ☐ Bereite eine Oszilloskop-Sonde für 100-1000kHz-Magnetfeldsignale vor (10 Min)
- ☐ Bereite eine Oszilloskop-Sonde für 100-1000kHz-E-Feld-Signale vor (10 Min)
- ☐ stelle messtechnisch fest, welcher Schaltungsteil welche Störsignale produziert. (labormässige Auswertung)
- ☐ untersuche auch Zu- und Anschlussleitungen. (labormässige Auswertung)
- ☐ untersuche wirksame Gegenmaßnahmen. (labormässige Auswertung)
- ☐ Ergänze Deinen Gesamtbericht!
- ☐ *von eigenberechtigten Erwachsenen (und ErwachsInnen) ist Eigenständigkeit anzunehmen.*

14 Audio-Power-Amp dimensionieren/berechnen

folgende Anleitung gilt für *'eisenlose'* Gegentaktendstufen mit komplementären Bipolar-Leistungstransistoren in Collector-Schaltung



I_a, Ua Man beginne am Ausgang und ermittle Maximalstrom $\hat{I}_a$ und Maximalspannung $\hat{U}_a$ am Lastwiderstand (Lautsprecher) RL

R2,R3 Die Emitter-Widerständer R2 und R3 dienen der thermischen Stabilisierung. Bei vorhandener Kurzschluss-Schaltung dienen sie auch dieser. Wir addieren ihren Spannungsabfall bei Maximalstrom: $\hat{U}_a + \hat{I}_a * R_2$

Vcc den Leistungstransistor T4 steuern wir nicht wirklich bis zu seiner Sättigung aus, sondern nur bis $U_{CE} = 1.5V$, die wir ebenfalls addieren,

$$\hat{U}_a + \hat{I}_a * R_2 + 1.5V$$

um zu einer Versorgungsspannungs-Forderung

$$Vcc > \hat{U}_a + \hat{I}_a * R_2 + 1.5V$$

zu gelangen

T4.B an der Basis des Endstufentransistors T4.B sind 0.7V mehr als an seinem Emitter erforderlich

$$U_{B,T4} = 0.7V + \hat{U}_a + \hat{I}_a * R_2$$

falls T4 ein Darlington oder eine Darlington-Schaltung (T4a, T4b) ist, sind 2*0.7 = 1.4V zu addieren; β_{T4} besteht dann aus $\beta_{T4a} x \beta_{T4b}$. Korrekterweise müssten wir hier die im Datenblatt sowieso fehlende Gleichstromverstärkung 'B' und nicht das unwesentlich andere β verwenden

I_2 Die Konstantstrom-Senke I_2 ist gleich dem Basisstrombedarf T5.Ib einzustellen.

Dioden Falls statt der 2 Dioden ein 'Ube-Vervielfacher' verwendet wird, muss I_2 ggf. zusätzlich den Strom durch dessen 2 Widerstände 'schlucken' können. ein damit eingestellter 'Endstufen-Ruhestrom' fließt durch die beiden T4 und T5 als 'Querstrom' und nicht hier durch

T3.Ic Man braucht nun den Collectorstrom des Pegelschiebers T3.Ic Dazu sind die Ströme in die T4.Basis, über den Ube-Vervielfacher zum GND und der Basisstrom T5.Ib zu betrachten. Bei positiver Halbwelle braucht T5 kan Basisstrom und bei negativen Halbwellen T4 keinen. Aber die Senke I_2 'trinkt' immer, dh. bei positiven Halbwellen muss T3.Ic fuer T4.Ib plus I2 reichen, das ist bei exakter Dimensionierung 2 x T4.Ib

T3.Ib geht ja einfach: T3.Ic/β

T3.rb is noch wichtiger zur Impedanz-Anpassung an R1. In der hier gezeigten Emitterschaltung ohne Gegenkopplung (T3) ist

$$\text{rb} == \text{rbe} = \beta/s = \beta \cdot U_T/I_C$$

R1 Man wähle R1 == T3.rb

$I_0/2$ damit da dran dann auch 0.7V Ube für T3 abfallen, wähle man

$$I_0/2 = 0.7V/R1$$

und logischerweise I_0 doppelt so groß

$$I_0 = 2 \cdot 0.7V/R1$$

– Damit is ma fertig.

15 Alain Fouriers Partnervermittlung

Zusammensetzen klingt einfach: Summe rechnen.

Wie aber rechne ich eine
enthalten-sein – Stärke (Enthaltsamkeit) aus?

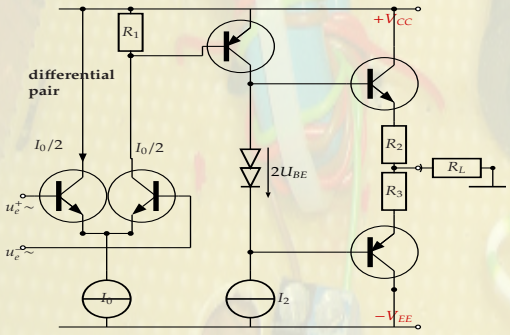
"Berechnen Sie die Enthaltsamkeit der Flöte in der kleinen Nachtmusik!"

Wie ist wohl dieser *Alain Fourier*[7] auf seine Formel gekommen? Er war so Alain und sicherlich war ihm fad - youtube und facebook gabs ja nicht, kein SMS, kein chatroom; einsam lonely Boy; Enthaltsamkeit eben; könnte auf Partnersuche und als Mathematiker an der Berechnung der Enthaltsamkeit von Funktionen interessiert gewesen sein. Er fragt sich, welche Furie[8] passt am besten zu mir — in wessen Wesen ist mein Wesen am stärksten enthalten. Erste Idee

$$Enthaltsamkeit(a\ in\ b) = Enthaltsamkeit(b\ in\ a)$$

Kommutativ - es müsste also wurscht sein, wer wen sucht.

Jetzt kam der Typ wohl auf die Idee, ein 'mag / mag_nicht' Diagramm von sich anzufertigen:



Und jemand, der zu ihm passt, müsste ein *ähnliches* Diagramm haben. Aber wie rechnet man *ähnlich* aus? Wie stark ist mein Diagramm im anderen *enthalten*?

Die rettende Idee:

Gleichheit → Pluspunkte

Ungleichheit → Minuspunkte

unentschieden → keine Punkte

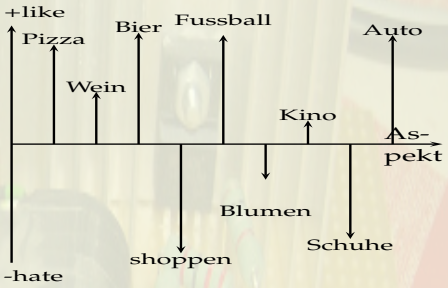
Welche mathematische Operation liefert

$\oplus$ mit $\oplus \rightarrow +$
$\ominus$ mit $\ominus \rightarrow +$
$\oplus$ mit $\ominus \rightarrow -$
$\ominus$ mit $\oplus \rightarrow -$
$\oplus$ mit $0 \rightarrow 0$
$\ominus$ mit $0 \rightarrow 0$
0 mit $0 \rightarrow 0$

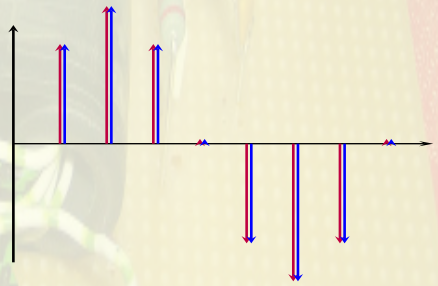
Es ist die Multiplikation.

Und was machtma mit den Punkten? - Ma zählt sie zamm!
→ Punktesumme

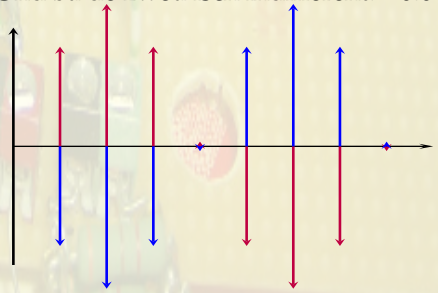
Die zwei passen maximal zamm: +100%



Aber die zwei gar nicht: -100%



Und ba de zwoa isch indifferent: ±0.0%



Hasch checkt, wasider hergmalen hun?

[7] Mathematiker 'Jean Baptiste Joseph Fourier', heisst der richtig! (21. März 1768 bis 16. Mai 1830)
[8] Rachegöttin in der römischen Mythologie

a) 2 mal sin(x)
b) sin(x) und -sin(x)
c) sin(x) und cos(x)

Wemmr also vu 2 Signale f(t) und g(t) viele paarweise zeitgleiche Samples nemmen und jeweils multiplizieren, dann isch die **Gesamtsumme**

$$f(0)g(0) + f(1)g(1) + f(2)g(2) + \dots$$

(ma schreib kürzer:)

$$\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N} f(i)g(i)$$

(bei N *Samples*)
ein Maß für die "*Zusammenpassung*",
eine Art *"Durchschnittsmenge"*.

Bei kontinuierlichen Analogsignalen hatma ka einzelne Samples, sondern unendlich viele; so wird aus der Summe → a Integral:

$$\frac{1}{T}\int_{\tau=0}^{T} f(\tau)g(\tau)dt$$

Des nenntma

Faltungs-Integral[9]
(convolution)

(Wahrheit: Die Faltung "*" ist eine Funktion:

$$f(t) * g(t) = \int_{\tau=-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t-\tau)d\tau$$

Diese **Faltungsoperation** berechnet,
wie gut zwei allgemeine Funktionen[10]
(zB. f() und g()) zammpassen.

Wenn man *'gesampelte'* Funktionen f und g als vieldimensionale Vektoren auffasst, entspricht f*g dem `Skalarprodukt`, welches ja feststellt, wie sehr sich f und g gegenseitig *'enthalten'* - s.u.

Somit hat der französische Sack[11] aussagfunden, wie er das enthalten-Sein vu an beliebigen f(t)=sin(ωt) oder f(t)=cos(ωt) in seine versauten Signale ausrechnen kann (Fourier is only f. periodic 0..2π Signals):

$$sin.Anteil(\omega) = \int_{t=0}^{2\pi} f(t)sin(\omega t)dt$$

$$cos.Anteil(\omega) = \int_{t=0}^{2\pi} f(t)cos(\omega t)dt$$

Das ist die
Sinus-/ Kosinustransformation
(Sonderfall der Fouriertransformation)
und berechnet,
welche **sin(t)** und **cos(t)**
wie gut/stark
zu einem Signal f(t) passen (enthalten sind).

→

Die **Fourieranalyse** berechnet,
welche **sin(t)** und **cos(t)**
wie gut/stark
zu einem Signal f(t) passen (enthalten sind).

Klarerweise dürfen die Komponenten, in welche man das Signal zerlegt, sich nicht gegenseitig enthalten. (Wenn ich zB die 'Zutaten' Nüsse, Salz und Salznüsse zum Kochen verwende, ist nachher nicht mehr erkennbar, ob extra Salz zugegeben wurde, oder das Salz von den Nüssen stammt).

Man prüft das, indem man die SinusKosinus-Zerlegung mit den Komponenten untereinander versucht; der Anteil muss dann jeweils '0' sein, zB:

$$0 = Anteil(\omega) = \int_{t=0}^{2\pi} sin(2\omega t)sin(\omega t)dt$$

$$0 = Anteil(\omega) = \int_{t=0}^{2\pi} sin(\omega t)cos(\omega t)dt$$

Beim sin()/cos() System ist das der Fall.

Wennma des mit digitalisierten Samples macht, nennt es sich DFT ... Discrete Fourier Transform. Die laufzeitoptimierte Version davon ist die FFT *Fast Fourier Transform*

16 negative Frequenz, 20Jan22

[9] das ist Lüge, iXH weiss . . . . . richtig: $f(\tau) * g(t-\tau)$
[10] auch gelogen . . .
[11] und wieder gelogen: Der EULER war der Heuler; Laplaz haz nur als seins verkauft

XH: *negative Frequenz – die gibts nit wirklich,*
des is nur a Rechentrick.

Was is da immer mit dieser Phasenlage ?

Wir halten Zeitverzögerungen (zwischen Signal-1 und Signal-2 oder zwischen U und I) in Form eines Phasen-Winkels fest, dh. wir messen den Zeitverzug nicht in [*s*], sondern in Vielfachen des Einheitskreis-Radius [*rad*]. Des isch einerseits zwar ziemlich *kotzig*, oft aber auch cool

Warum sin() UND cos() ?

Da ist einer – möglicherweise auch dieser 'Alain' Fourier mit seiner Furie – draufgekommen, dass man per linear-Kombination

q*sin(t) + (1-q)*cos(t)

jede Phasenlage φ von dem sin(): $\sin(\omega t + \varphi)$ darstellen kann. Des wird für den Fourier feiner gwest sein als seine Transformation mit allen möglichen Phasenlagen auszurechnen.

Warum » e^{jx} « ?

Des is genial, aber nit viel dahinter: Der Euler is da draukemmen, drum heisst des **Euler'sche Identität**:

$$\boxed{e^{jx} = cos\ x + j * sin\ x}$$

is ziemli einfach herzuleiten: Mach a Taylor-Reihenentwicklung von e^x, eine für sin(x) und eine für cos(x), setz jx als 'x' ein, dann siehstas glei.

und weiters:

$$\underline{e^{jx} + e^{-jx}} = cos\ x + jsin\ x + cos\ x + (-j)sin\ x = \underline{2cos\ x}$$

sowie

$$\underline{e^{jx} - e^{-jx}} = cos\ x + jsin\ x - cos\ x - (-j)sin\ x = \underline{2jsin\ x}$$

um das eine *'negative Frequenz'* zu nennen,
muss man doch einigermaßen
besoffen sein,
meinst nicht?

Wosisa "Phasor" ?

→ soa Phasenlagen-'Zeiger'

Der Phasor oder die komplexe Amplitude wird bei der komplexen Darstellung von sinusförmig zeitabhängigen Größen verwendet. Er fasst die Amplitude $\hat{a}$ und den Nullphasenwinkel φ zu einer komplexen Größe

$$\underline{\hat{a}} = \hat{a} \cdot e^{j\varphi}$$

zusammen. Hier wird für die imaginäre Einheit der Buchstabe j verwendet und das Formelzeichen einer komplexen Größe wird durch Unterstrich gekennzeichnet (gemäß DIN 1304-1 und DIN 5483-3).

Eine harmonisch schwingende zeitabhängige physikalische Größe der allgemeinen Form

$$a(t) = \hat{a} \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

beschreibt man mittels des Phasors $\underline{\hat{a}}$ durch

$$\underline{a}(t) = \underline{\hat{a}} \cdot e^{j\omega t}$$

Mit der Umrechnung

$$\begin{aligned}&\underline{\hat{a}} \cdot e^{j\omega t}\\ &= \hat{a} \cdot e^{j(\omega t+\varphi)}\\ &= \hat{a} \cdot (\cos(\omega t + \varphi) + j\ \sin(\omega t + \varphi))\end{aligned}$$

(aus `https://de.wikipedia.org`, 19Jan22)

AM und Phasenlage

Bei der Amplitudenmodulation (AM) – auch Digitalisierung ist eine AM – entstehen bekanntlich zwei *'Seitenbänder'* (zusätzlich zum unmodulierten Träger $sin(\omega * t)$) im Frequenzabstand von ± AF (AudioFrequency oder Abtastfrequenz)

$sin((\omega + AF) * t)$
$sin((\omega - AF) * t)$

Die negative Frequenz

tritt als Komponente bei harmonischen Schwingungen auf, wenn die **mathematische Beschreibung in der komplexen Zahlenebene** mit komplexen Zahlen erfolgt.

Physikalisch hat das Vorzeichen
keine Bedeutung;

es spezifiziert den rechts- bzw. linkswendigen

Umlauf von Zeigern in der komplexen Zahlenebene.

Der Begriff der negativen Frequenz spielt im Bereich der Signaltheorie und Signalverarbeitung eine Rolle, insbesondere bei technischen Modulationsverfahren.

Eine Frequenz f gibt die Anzahl von Ereignissen innerhalb eines bestimmten Zeitraums an und ist üblicherweise eine positive Zahl. Eine harmonische Schwingung sI(t) der Frequenz f und einer Amplitude A besitzt einen sinusförmigen Verlauf über die Zeit t:

$$s(t) = A \cdot \sin(2\pi f \cdot t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Der Ausdruck $2\pi f$ wird üblicherweise zur Kreisfrequenz ω zusammengefasst. Als Zeigerdiagramm in der komplexen Ebene lässt sich beim Umlauf des Zeigers r auf der imaginären Achse der sinusförmige Verlauf über die Zeit t abbilden. Der auf der reellen Achse abgebildete cosinusförmige Verlauf ist dazu gleichwertig und stellt eine Phasenverschiebung von $\pi/2$ dar.

Die harmonische Schwingung lässt sich dazu gleichwertig als komplexe Schwingung über die Eulersche Identität angeben:

$$\underline{s}(t) = A \cdot e^{j\omega \cdot t}$$

mit dem Realteil:

$$s_R(t) = \quad \mathrm{Re}\left\{A \cdot e^{j\omega \cdot t}\right\} = \quad \frac{1}{2}\left(A \cdot e^{j\omega \cdot t} + A \cdot e^{-j\omega \cdot t}\right)$$

und dem Imaginärteil:

$$s_I(t) = \quad \mathrm{Im}\left\{A \cdot e^{j\omega \cdot t}\right\} = \quad \frac{1}{2j}\left(A \cdot e^{j\omega \cdot t} - A \cdot e^{-j\omega \cdot t}\right)$$

Die jeweils geklammerten Ausdrücke stellen dazu gleichwertig die Schwingung als eine Summe einer positiven und einer negativen Frequenz dar. Grafisch im Zeigerdiagramm ist der Ausdruck durch zwei gegensinnig umlaufende Zeiger darstellbar, die Umlaufrichtung der Zeiger wird durch das Vorzeichen der Frequenz bestimmt.

Anwendungen

Die Unterscheidung in positive und negative Frequenzen besitzt insbesondere bei technischen Modulationsverfahren und der Signalverarbeitung eine Bedeutung. Wird ein Signal als Informationsträger durch die Amplitudenmodulation aus der Basisbandlage zwecks Übertragung in einen höheren Frequenzbereich moduliert, ergeben sich durch die positiven bzw. negativen Frequenzen des Signals ein oberes bzw. unteres Seitenband. Diese beiden Seitenbänder tragen beide die gleiche Signalinformation des Basisbandes.

Eine Möglichkeit, eines der beiden Seitenbänder zu unterdrücken, besteht darin, mittels der Hilbert-Transformation aus dem reellen Signal ein analytisches Signal zu bilden. Ein analytisches Signal ist ein komplexes Signal, dessen negative Frequenzanteile gleich 0 sind und nur aus positiven Frequenzen besteht.

(aus `https://de.wikipedia.org/wiki/Negative_Frequenz` 19Jan'22)

Du hast schnell verstanden: Wenn man einen komplexen Zeiger gegen den Uhrzeigersinn rotieren läßt (positive Frequenz), einen zweiten gegen den Uhrzeigersinn (negative Frequenz) mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit kriegt man in der Summe ein rein reeles Signal. Umgekehrt formuliert: Ein reeles Signal beinhaltet positive und negative Frequenz, deswegen hat man die 'gespiegelten Spektren'.
Cheers Detlef

(aus `https://www.mikrocontroller.net/topic/231253` 19Jan22)

04.Nov'21 1320-1730

IRF820-Altium-Modell
wies geht:
"Also zerst habi
** unter File > Create New > Integrated library a Lib package erstellt und da dann
** mit rechtsklick a schematic library hinzugfügt. Dann habi
** Add component gmacht und
** mei bauteil gezeichnet und
** rechts im properties register
** beim unterpunkt "Models"
** genau deine SPICE parameter aus da pdf eingfügt. Nachan musch
** mit rechtsklich auf die integrated library
** wieder ganz oben auf compile library gehn und
** scho kannsch de in deinem hauptprojekt
** unter libraries hinzufügen.
** Dann wie alle bauteile ins schematic ziehn und
** die schaltungen für die kennlinien aufbaun und simulieren im dc sweep mode."

10.Apr'22 by n17aEllSi

Simulationsparameter eines Bauteils in Altium bearbeiten

1. Altium starten und Twix von Christoph verzehren, bis es geladen wurde
2. Gewünschtes Bauteil aus HTLinn Library (z.B. BC547A) in Projekt ziehen
3. In den "Properties" unter "Models" auf das "Simulation" Modell doppelt klicken
4. Im Pop-Up im unteren Reiter auf "Model File" klicken und gesamten Text kopieren
5. Neue Datei mit UTF-8 Codierung erstellen
   (z.B. einfach im Windows Explorer oder mithilfe des Editors)
   → Achtung: Dateiendung muss .mdl sein
   (Tipp: Dateiendungen im Explorer anzeigen lassen)
6. Erstellte Datei im Editor öffnen und kopierten Text einfügen
7. Gewünschte Parameter bearbeiten (z.B. 'BF' für den Stromverstärkungsfaktor im AP)
8. Zurück zu Altium navigieren und im immer noch geöffneten Pop-Up unter "Model Location" → "Full Path" die gerade erstellte Datei auswählen
   → Achtung: Angegebener Name in der erstellen Datei neben "MODEL" muss mit dem "Model Name" im Pop-Up übereinstimmen
9. Auf "Ok" klicken
   → fertig

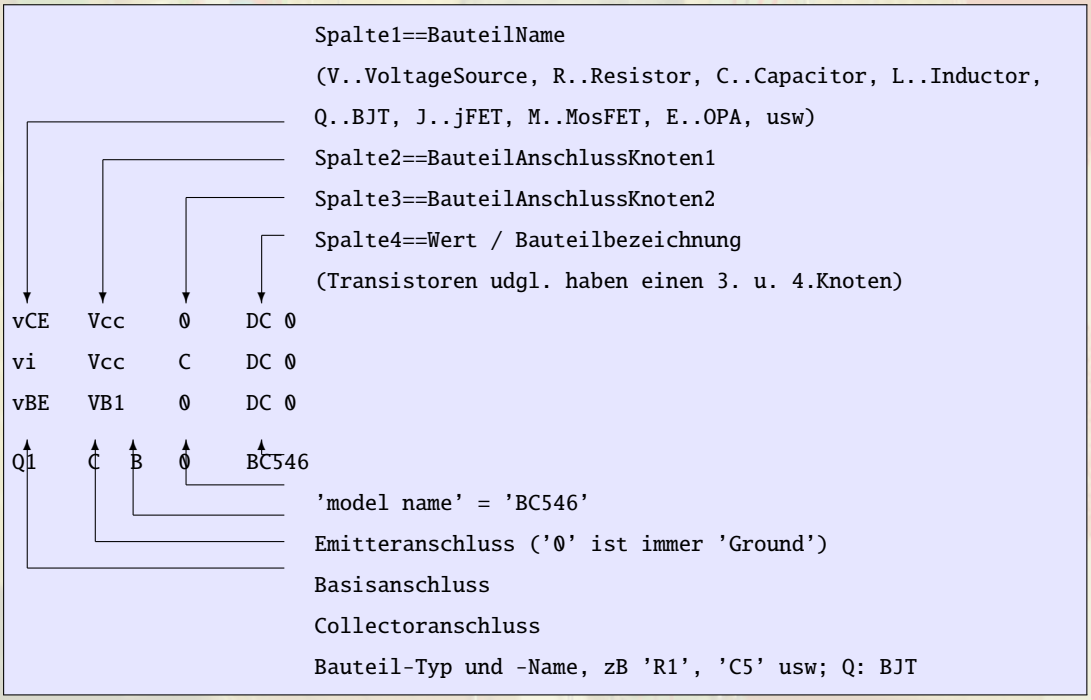
Nachdem er 'WeiXhnachten' in 'Xhmas' umgetauft hatte, hat
mir n17aellsi auch noch obige Anleitung samt OsterXhas gschenkt

Teil I

SPICE

17.1 SPICE net list ngSPICE Simulator

- Die SPICE net list ist eine ASCII-Text-Datei, also mit Programm-Text-Editoren bearbeitbar
- '*' beginnt eine Kommentarzeile
- SPICE net lists beschreiben Elektronikschaltungen für den SPICE Simulator ('Simulation Program with IC Emphasis')
  zuerst sind den Schaltungsknoten Namen oder Nummern zu geben
  (iXH bevorzuge Namen wie 'Vcc', 'GND', 'in', 'out', 'T1C' . . .)
  der Knoten '0' muss existieren und bedeutet GND
  jede Zeile beschreibt ein Bauteil.
  1te Spalte: Bauteil
  R... Resistor
  C... Capacitor
  L... Inductor
  V... Voltage Source
  I... Current Source
  Q... BJT
  J... jFET
  M... MosFET
  2te Spalte: Anschlussknoten 1
  3te Spalte: Anschlussknoten 2
  (n-te Spalte: Anschlussknoten n, zB. bei Transistoren)
  letzte Spalte: Wert



- Beispiel:

```
Vplus      Vcc       0         5.0
Vsignal    in        0         DC 0 PULSE( 200m +2.40 200us 998us 1us 1us 1ms )
*                                          Vmin Vmax td tr tf ton tperiode
Rb         in        T1B       100k
Rc         Vcc       T1C       5k
Q1         T1C       T1B       0     BC547B
Cout       T1C       out       100n
RLast      out       0         8
```

```
.control
TRAN       25us      15.5ms    14ms       UIC
*          steppW    t_stop    t_start
PLOT       V(in),    V(T1C),   v(out)
.endc
```

```
.MODEL     BC547B    NPN       (IS=50f VAF=100 BF=400)
.end
```

- **.MODEL cards** beschreiben die Halbleiter-Eigenschaften.
  → Du brauchst *keine Bauteil-Bibliothek!*

  zB:

```
.Model   DUS   D
.model  1N4148  D  (is=2.495E-09 rs=4.755E-01 n=1.679E+00
+    tt=3.030E-09 cjo=1.700E-12 vj=1 m=1.959E-01 bv=1.000E+02 +    ibv=1.000E-04)
```

  oder:

```
.model  Z5V6   D   BV=5.6
.model  Zener9V1  D  (Is=0.6u Rs=.5 Cjo=110p nbv=6 bv=9.1 Vpk=9.1 type=zener )
.model  Zener60V  D  (Is=0.6u Rs=.5 Cjo=110p nbv=6 bv=60 Vpk=60 type=zener )
.model  1N4002  D  (IS=1n RS=5m N=1.65 TT=6u CJO=10p M=0.333 BV=100 IBV=1E-5
+    Iave=1 Vpk=100 type=silicon)
```

  oder:

```
.Model  BC550  NPN  ( is=10f vaf=100 bf=250)
.model  2N7000  NMOS  (Level=3 Gamma=0 Delta=0 Eta=0 Theta=0 Kappa=0.2 Vmax=0 Xj=0
+    Tox=2u Uo=600 Phi=.6 Kp=1.073u W=.12 L=2u Rs=20m Vto=1.73
+    Rd=.5489 Rds=48MEG Cgso=73.61p Cgdo=6.487p Cbd=74.46p Mj=.5
+    Pb=.8 Fc=.5 Rg=546.2 Is=10f N=1 Rb=1m)
```

- die **.control section** steuert den Simulationsprozess (s. 'TRANsient' und 'PLOT')

  zB:

```
*Parallelschwingkreis
v1   1   0   dc 0 ac 1
vi   1   2   dc 0
c1   2   0   5u
l1   2   3   5m
r1   3   0   10
```

```
.control
  ac dec 100 10 100k
  let z=v(1)/i(vi)
  plot mag(z) loglog
  plot mag(z) linear xlimit 0 2500 ylimit 0 150
  plot z polar xlimit 0 150
  set units=degrees
  plot ph(z)
.endc
```

```
.end
```

17.2 LTSpice

- *download site for the software (info by Lor HiSpeed Noname):*
  `https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html#`

used tutorials:

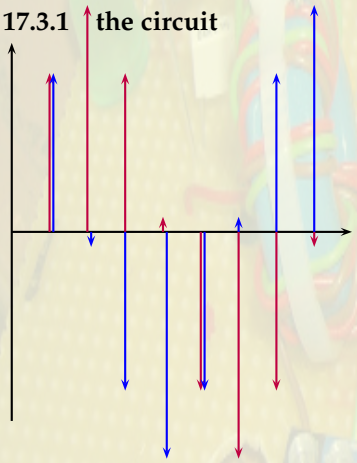
- `https://www.youtube.com/watch?v=MsilYqaGPQw`
- `https://home.zhaw.ch/hrt/LTspice/LTSpice%20Tutorial%201%20V03.pdf`
- `http://www.home.hs-karlsruhe.de/~klal0001/download_frei/LTspice%20IV%20Tutorial_Tritschler_Kloenne.pdf`

17.3 EGS Amp SPICE net list

Let's begin with the *common (grounded) emitter* amplifier circuit including coupling Caps (EGS Emittergrundschaltung mit Koppel-C), the first SPICE program beeing a 'ngspice' simulated AC sweep with bode plots, secondly the same circuit but with 1kHz ramp input to show the impact of hi-cut and low-cut on more realistic wave forms (small distortion can hardly be seen on a sine wave, but very clear in the straightness of a ramp slope; the sudden downstep in the *sawtooth* wave discovers 'overshooting', oscillation tendency or slowness of low pass behaviour)

So, feel welcome to have a look at 'em:

17.3.1 the circuit



17.3.2 AC sweeping the EGS

Listing 1: SPICE: EGS AC sweep

```
* BJT in EGS EmitterGrundschaltung m.KoppelC
* Mess-Signal: Rampe
*       warum: is, wie wenn ma von Hand gleichmaessig groesser dreht und wieder zrugg

Vplus   Vcc     0       DC 10

***Input-Signal:***
Vin     in      0       DC 0 AC 1
*Vin    in      0       DC 0 PULSE( -300m +300m 200us 998us 1us  1us  1ms  )
*                               Vmin  Vmax  td    tr    tf   ton  tperiode
```

```
CKin    in      Q1B     47nF
RQ1B1   Vcc     Q1B     82k
RQ1B2   Q1B     GND     18k
RQ1C    Vcc     Q1Cout  5k
viQ1C   Q1Cout  Q1C     DC 0
Q1      Q1C Q1B Q1E     BC550B
RE1     Q1E     RE12    330
RE2     RE12    0       910
CE      RE12    0       2uF

***Ausgang***
CKout   Q1Cout  out     22nF
Rlast   out     GND     10k


.control
***TRANsient analysis: ************************************************
AC      DEC 10  100 20kHz
PLOT    mag(v(in))      mag(v(out)) loglog
*TRAN   25us    15.5ms  14ms    UIC
*       steppW  t_stop  t_start
*PLOT   V(in),  V(Q1B), v(Q1E)
*PLOT   V(Q1B), v(Q1E), v(Q1C)
*PLOT   v(Q1B,Q1E),     v(out)
*************************************************************************
.endc
.MODEL 1N4148 DMOD
.MODEL BC550B NPN (IS=18f VAF=100 BF=400)
.MODEL BC560B PNP (IS=50f VAF=100 BF=250)
.end
```

17.3.3 EGS at ramp input

Listing 2: SPICE: EGS(ramp)

```
* BJT in EGS EmitterGrundschaltung m.KoppelC
* Mess-Signal: Rampe
*       warum: is, wie wenn ma von Hand gleichmaessig groesser dreht und wieder zrugg

Vplus   Vcc     0       DC 10

***Input-Signal:***
*Vin    in      0       DC 0 AC 1
Vin     in      0       DC 0 PULSE( -300m +300m 200us 998us 1us  1us  1ms  )
*                               Vmin  Vmax  td    tr    tf   ton  tperiode

CKin    in      Q1B     47nF
RQ1B1   Vcc     Q1B     82k
RQ1B2   Q1B     GND     18k
RQ1C    Vcc     Q1Cout  5k
viQ1C   Q1Cout  Q1C     DC 0
Q1      Q1C Q1B Q1E     BC550B
RE1     Q1E     RE12    330
RE2     RE12    0       910
CE      RE12    0       2uF

***Ausgang***
CKout   Q1Cout  out     22nF
Rlast   out     GND     10k


.control
***TRANsient analysis: ************************************************
**AC    DEC 10  100 20kHz
**PLOT  mag(v(in))      mag(v(out)) loglog
*
TRAN    25us    15.5ms  14ms    UIC
*       steppW  t_stop  t_start
```

```
*
PLOT    V(in),  V(Q1B), v(Q1E)
*PLOT   V(Q1B), v(Q1E), v(Q1C)
PLOT    v(Q1B,Q1E),     v(out)
*********************************************************************************
.endc
.MODEL 1N4148 DMOD
.MODEL BC550B NPN (IS=18f VAF=100 BF=400)
.MODEL BC560B PNP (IS=50f VAF=100 BF=250)
.end
```

Listing 3: NPN-Steuerkennlinie (”620mV/1mA”)

```
* '*' beginnt eine Kommentarzeile
* npn2.cir NPN-Steuerkennlinie ("620mV/1mA")
*****************************************
*  _____________________________ Spalte1==BauteilName
* /                              (V..VoltageSource, R..Resistor, C..Capacitor, L..
    Inductor,
*!                               Q..BJT, J..jFET, M..MosFET, E..OPA, usw)
*!        _______________________ Spalte2==BauteilAnschlussKnoten1
*!       /         ______________ Spalte3==BauteilAnschlussKnoten2
*!      !         /         _____ Spalte4==Wert / Bauteilbezeichnung
*!      !        !        /
*!      !        !        !       (Transistoren udgl. haben einen 3./4.Knoten)
*v      v        v        v
*********************************************************************************
vCE     Vcc     0       DC 0
vi      Vcc     C       DC 0
vBE     VB1     0       DC 0
vbm     VB1     B       DC 0

*********************************************************************************
Q1      C  B  0         BC546
*^      ^  ^  ^         ^
*!      !  !  !          \_____ 'BC546'-NPN-Transistor
*!      !  !   \_______________ Emitteranschluss ('0' ist immer 'Ground')
*!      !   \__________________ Basisanschluss
*!       \_____________________ Collectoranschluss
* \_____________________________ Bauteil-Typ und -Name, zB 'R1', 'C5' usw; Q: BJT


.model BC546    NPN  ( is=50f  bf=250  vaf=100  rb=50  rc=5 )
.control
DC      vBE     400m 700m 5m    vCE 4 6 1000m
PLOT    i(vi)
DC      vBE     500m 580m 1m    vCE 4 6 1000m
PLOT    i(vi)
DC      vBE     560m 640m 1m    vCE 4 6 1000m
PLOT    i(vi)
DC      vBE     610m 630m 0.1m  vCE 4 6 1000m
PLOT    i(vi)
.endc
.end
```

Listing 4: NPN Audio Amp

```
*bipolar NPN Audio diff.Amp 23Okt15 bnamp05.cir

*** Strom-Versorgung ***
Vcc     plus    0       DC 20
Vee     0       minus   DC 20


***Input-Signal:***
Vin     in      0       DC 0 SIN( 0 600m 1kHz )
*                       0dbm/600Ohm == 775mVeff (P*R=U^2 -> U=sqrt(0.6)=0.775)
Cin     in      Bdf1    10uF
RBdf1   Bdf1    0       10k
```

```
*               RBdf1 verbindet DC-maessig f.Arbeitspunkt (operating point)
*               f.Signale bilden Cin/RBdf1 einen Spannungsteiler
*               so erreicht man f.d. 'unwanted DC-Offset' KLEINERE Verstaerkung


***Differential Amplifier diffAmp "df1"***
*---T1:
vX      plus    plusX   DC 0
RCdf1   plusX   Cdf1    620
Qdf1    Cdf1    Bdf1    Edf1    BC550B
IEdf1   Edf1    minus   2mA     *constant current source CCS
*---T2:
vY      plus    plusY   DC 0
RCdf2   plusY   Cdf2    1m
Qdf2    Cdf2    BaseDf2 Edf1    BC550B
RBdf2   BaseDf2 Bdf2b   3.3k
CBdf2   Bdf2b   0       220n


***Pegel-Schieber LevelShifter "ls"***
*---T3:
vZ      plus    plusZ   DC 0
REls1   plusZ   Els1    1.2m
Qls1    A_D1    Bls1    Els1    BC560B
D1      A_D1    A_D2    1N4148
D2      A_D2    K_D2    1N4148
ICls1   K_D2    minus   2mA     *constant current source CCS
RBls1   Cdf1    Bls1    1


***EndStufe FinalStage "fs"***
*---T4+5:
Qfs1    plus    A_D1    Efs1    BC550B
Rfs1    Efs1    out     1.0
Rfs2    out     Efs2    1.0
Qfs2    minus   K_D2    Efs2    BC560B


***Feed-Back "fb"***
Rfb2    out     BaseDf2 110k

***Lautsprecher***
RL      out     0       1k

.MODEL 1N4148 DMOD
.MODEL BC550B NPN (IS=50f VAF=100 BF=400)
.MODEL BC560B PNP (IS=150f  VAF=100 BF=400)

.control
***TRANsient analysis: TRAN Schrittweite Stopzeit Startzeit ***
TRAN    20us 6ms 3ms
PLOT    v(Cdf1), v(Cdf2), v(A_D1), v(out)
PLOT    v(Bdf1,Edf1), v(BaseDf2,Edf1)
*******************************
.endc
.end
```

Listing 5: Si Dioden (DUS) Kennlinie

```
dio01.cir
*****************************************************************
* Simulations-Programm fuer "SPICE"-Nachfolger "ngspice"
* run: "ngspice dio01.cir"
*
* (es gip etliche el.Simulatoren, die de Programme fressen, zB.
*  pSPICE, winSPICE, LTspice ... )
*****************************************************************

***************************************
```

```
* Diode "D1" mit Widerstand "R1"
* der Knoten "0" ist immer GND (Ground)
****************************************

* es eigentliche Programm, die "Netzliste:
****************************************
Vcc     vb 0            DC 0.0Volt
Vx      vb Anode        DC 0.0Volt
D1      Anode Kathode   DUS
R1      Kathode 0       1.0milliOhm

****************************************
* "Batch"-Script: Simulations-Kommandos:
****************************************
.control
 DC Vcc 0.55 0.75 10m
*       \___________/..... X-Werte 0.55 bis 0.75V in 10milli-Schritten
 plot i(vx)
*       \__/.............. X/Y-Diagramm malen
.endc

****************************************************************
* Beschreibung des Bauteils "DUS"=Universal_Diode_aus_Silizium:
****************************************************************
.model DUS D BV=150Volt

.end
```

Listing 6: BC546 Ausgangskennlinienfeld

```
npn1.cir
ib      0 2     dc 0
vce     3 0     dc 0
vi      3 1     dc 0
q1      1 2 0   bc546
.model  bc546   npn ( is=50f bf=250 vaf=100 rb=50 rc=5 )
.control
dc      ib 0 10uA 0.1u  vce 1 9 2
plot    i(vi)
dc      vce 0 3 50m     ib 1u 4u 1u
plot    i(vi)
.endc
.end
```

Listing 7: 2N7000 Kennlinie

```
*M2N7000.MdR.cir
Vin     G1      0       DC 0
Vplus   Vcc     0       DC 9V
RD1     Vcc     D1      1m
M1      D1 G1   S1 S1   M2N7000 L=2u W=0.12
RS1     S1      VEE1    1m
VEE1    VEE1    0       DC 0
.control
DC      Vplus 0 6 0.05  Vin 1.6 2.5 0.1
PLOT    i(VEE1)
.endc
.model M2N7000 NMOS ( Vto=1.73 Rd=0.55 Kp=1.1u Cgso=73p )
.model Mod2N7000  NMOS(Level=3 Gamma=0 Delta=0 Eta=0 Theta=0 Kappa=0.2 Vmax=0 Xj=0
+               Tox=2u Uo=600 Phi=.6 Kp=1.073u W=.12 L=2u Rs=20m Vto=1.73
+               Rd=.5489 Rds=48MEG Cgso=73.61p Cgdo=6.487p Cbd=74.46p Mj=.5
+               Pb=.8 Fc=.5 Rg=546.2 Is=10f N=1 Rb=1m)
.end
```

Listing 8: BF245a contra 2N5484

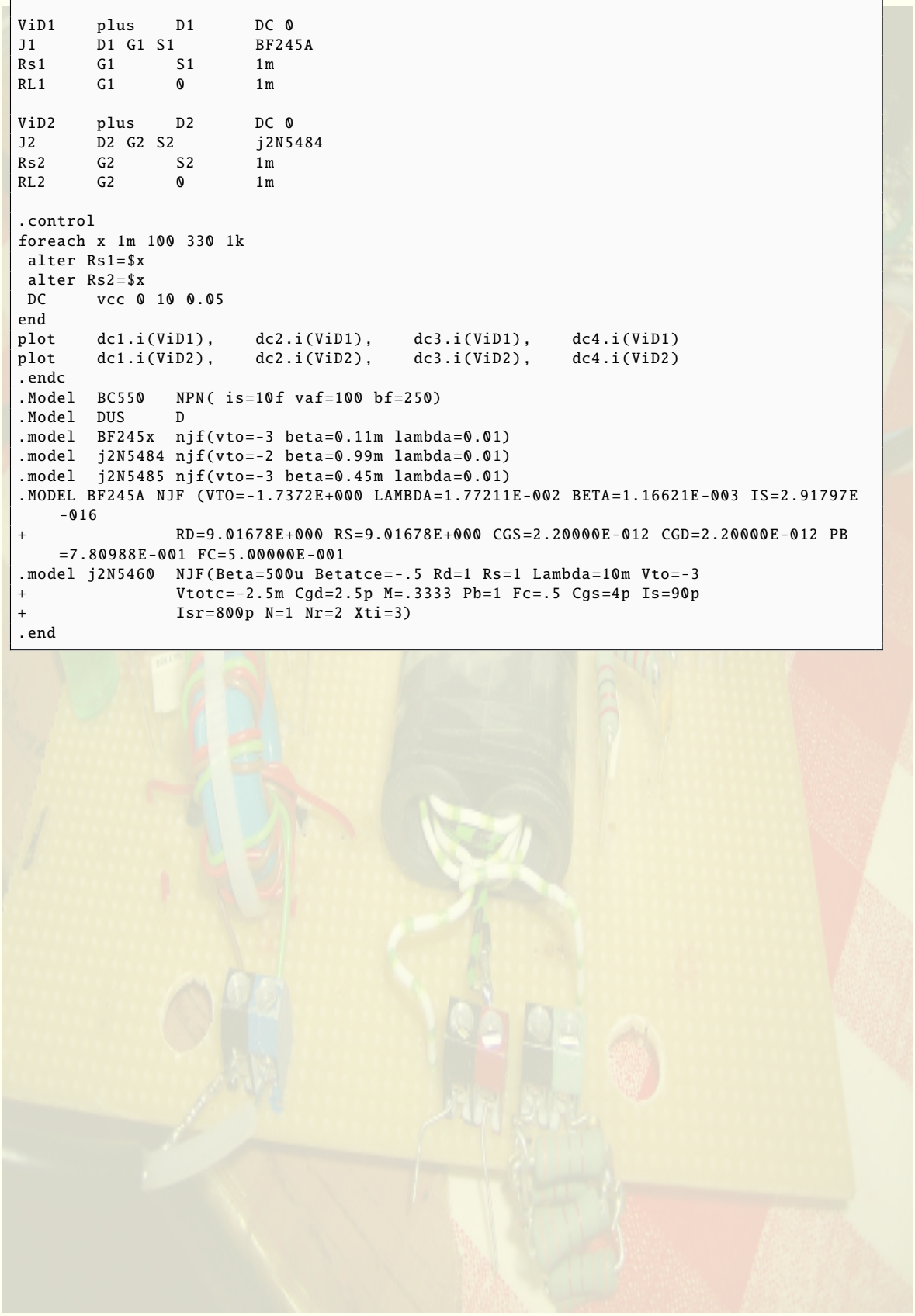
```
* BF245a Idss, Vp
*
```

```
Vcc     plus    0       DC 0

ViD1    plus    D1      DC 0
J1      D1 G1 S1        BF245A
Rs1     G1      S1      1m
RL1     G1      0       1m

ViD2    plus    D2      DC 0
J2      D2 G2 S2        j2N5484
Rs2     G2      S2      1m
RL2     G2      0       1m

.control
foreach x 1m 100 330 1k
 alter Rs1=$x
 alter Rs2=$x
 DC     vcc 0 10 0.05
end
plot    dc1.i(ViD1),    dc2.i(ViD1),    dc3.i(ViD1),    dc4.i(ViD1)
plot    dc1.i(ViD2),    dc2.i(ViD2),    dc3.i(ViD2),    dc4.i(ViD2)
.endc
.Model  BC550   NPN( is=10f vaf=100 bf=250)
.Model  DUS     D
.model  BF245x  njf(vto=-3 beta=0.11m lambda=0.01)
.model  j2N5484 njf(vto=-2 beta=0.99m lambda=0.01)
.model  j2N5485 njf(vto=-3 beta=0.45m lambda=0.01)
.MODEL BF245A NJF (VTO=-1.7372E+000 LAMBDA=1.77211E-002 BETA=1.16621E-003 IS=2.91797E
    -016
+               RD=9.01678E+000 RS=9.01678E+000 CGS=2.20000E-012 CGD=2.20000E-012 PB
    =7.80988E-001 FC=5.00000E-001
.model j2N5460  NJF(Beta=500u Betatce=-.5 Rd=1 Rs=1 Lambda=10m Vto=-3
+               Vtotc=-2.5m Cgd=2.5p M=.3333 Pb=1 Fc=.5 Cgs=4p Is=90p
+               Isr=800p N=1 Nr=2 Xti=3)
.end
```



Teil II

data shiits

Symbol	Parameter	Conditions	Type	Min	Typ	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS							
BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	V_{GS} = 0 V, I_D = 10 µA	All	60			V
I_{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current	V_{DS} = 48 V, V_{GS} = 0 V	2N7000			1	µA
		T_J=125°C				1	mA
		V_{DS} = 60 V, V_{GS} = 0 V	2N7002 NDS7002A			1	µA
		T_J=125°C				0.5	mA
I_{GSSF}	Gate - Body Leakage, Forward	V_{GS} = 15 V, V_{DS} = 0 V	2N7000			10	nA
		V_{GS} = 20 V, V_{DS} = 0 V	2N7002 NDS7002A			100	nA
I_{GSSR}	Gate - Body Leakage, Reverse	V_{GS} = -15 V, V_{DS} = 0 V	2N7000			-10	nA
		V_{GS} = -20 V, V_{DS} = 0 V	2N7002 NDS7002A			-100	nA
ON CHARACTERISTICS (Note 1)							
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	V_{DS} = V_{GS}, I_D = 1 mA	2N7000	0.8	2.1	3	V
		V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250 µA	2N7002 NDS7002A	1	2.1	2.5	
$R_{DS(ON)}$	Static Drain-Source On-Resistance	V_{GS} = 10 V, I_D = 500 mA	2N7000		1.2	5	Ω
		T_J =125°C			1.9	9	
		V_{GS} = 4.5 V, I_D = 75 mA			1.8	5.3	
		V_{GS} = 10 V, I_D = 500 mA	2N7002		1.2	7.5	
		T_J =100°C			1.7	13.5	
		V_{GS} = 5.0 V, I_D = 50 mA			1.7	7.5	
		T_J =100C			2.4	13.5	
		V_{GS} = 10 V, I_D = 500 mA	NDS7002A		1.2	2	
		T_J =125°C			2	3.5	
		V_{GS} = 5.0 V, I_D = 50 mA			1.7	3	
		T_J =125°C			2.8	5	
$V_{DS(ON)}$	Drain-Source On-Voltage	V_{GS} = 10 V, I_D = 500 mA	2N7000		0.6	2.5	V
		V_{GS} = 4.5 V, I_D = 75 mA			0.14	0.4	
		V_{GS} = 10 V, I_D = 500mA	2N7002		0.6	3.75	
		V_{GS} = 5.0 V, I_D = 50 mA			0.09	1.5	
		V_{GS} = 10 V, I_D = 500mA	NDS7002A		0.6	1	
		V_{GS} = 5.0 V, I_D = 50 mA			0.09	0.15	

Symbol	Parameter	Conditions	Type	Min	Typ	Max	Units
ON CHARACTERISTICS Continued (Note 1)							
$I_{D(ON)}$	On-State Drain Current	V_{GS} = 4.5 V, V_{DS} = 10 V	2N7000	75	600		mA
		V_{GS} = 10 V, $V_{DS} \geq 2\ V_{DS(on)}$	2N7002	500	2700		
		V_{GS} = 10 V, $V_{DS} \geq 2\ V_{DS(on)}$	NDS7002A	500	2700		
g_{FS}	Forward Transconductance	V_{DS} = 10 V, I_D = 200 mA	2N7000	100	320		mS
		$V_{DS} \geq 2\ V_{DS(on)}$, I_D = 200 mA	2N7002	80	320		
		$V_{DS} \geq 2\ V_{DS(on)}$, I_D = 200 mA	NDS7002A	80	320		
DYNAMIC CHARACTERISTICS							
C_{iss}	Input Capacitance	V_{DS} = 25 V, V_{GS} = 0 V, f = 1.0 MHz	All		20	50	pF
C_{oss}	Output Capacitance		All		11	25	pF
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance		All		4	5	pF
t_{on}	Turn-On Time	V_{DD} = 15 V, R_L = 25 Ω, I_D = 500 mA, V_{GS} = 10 V, R_{GEN} = 25	2N7000			10	ns
		V_{DD} = 30 V, R_L = 150 Ω, I_D = 200 mA, V_{GS} = 10 V, R_{GEN} = 25 Ω	2N700 NDS7002A			20	
t_{off}	Turn-Off Time	V_{DD} = 15 V, R_L = 25 Ω, I_D = 500 mA, V_{GS} = 10 V, R_{GEN} = 25	2N7000			10	ns
		V_{DD} = 30 V, R_L = 150 Ω, I_D = 200 mA, V_{GS} = 10 V, R_{GEN} = 25 Ω	2N700 NDS7002A			20	
DRAIN-SOURCE DIODE CHARACTERISTICS AND MAXIMUM RATINGS							
I_S	Maximum Continuous Drain-Source Diode Forward Current		2N7002			115	mA
			NDS7002A			280	
I_{SM}	Maximum Pulsed Drain-Source Diode Forward Current		2N7002			0.8	A
			NDS7002A			1.5	
V_{SD}	Drain-Source Diode Forward Voltage	V_{GS} = 0 V, I_S = 115 mA (Note 1)	2N7002		0.88	1.5	V
		V_{GS} = 0 V, I_S = 400 mA (Note 1)	NDS7002A		0.88	1.2	

Note:
1. Pulse Test: Pulse Width ≤ 300µs, Duty Cycle ≤ 2.0%.

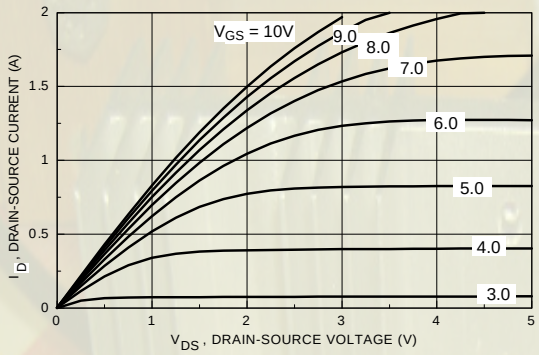


Figure 1. On-Region Characteristics

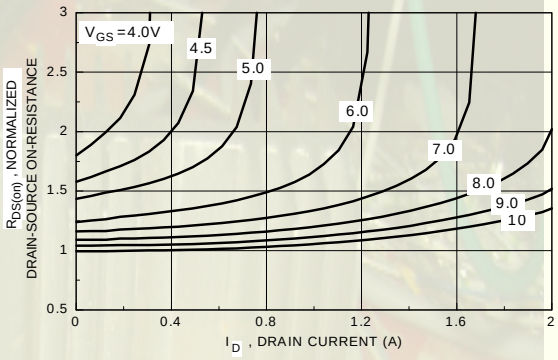


Figure 2. On-Resistance Variation with Gate Voltage and Drain Current

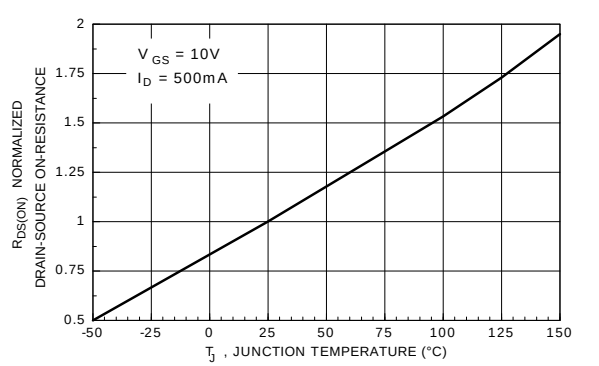


Figure 3. On-Resistance Variation with Temperature

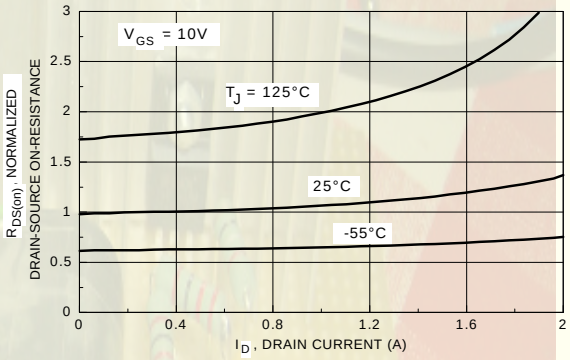


Figure 4. On-Resistance Variation with Drain Current and Temperature

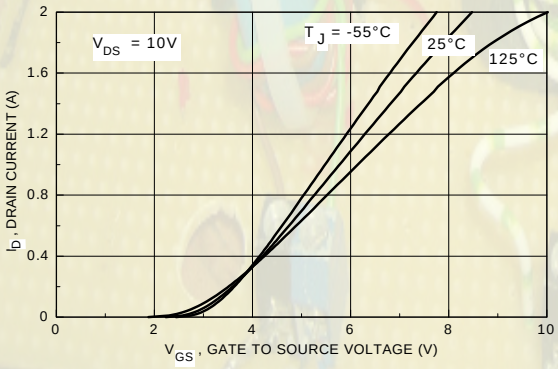


Figure 5. Transfer Characteristics

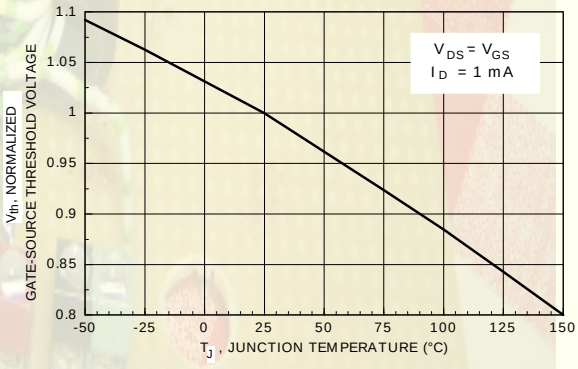


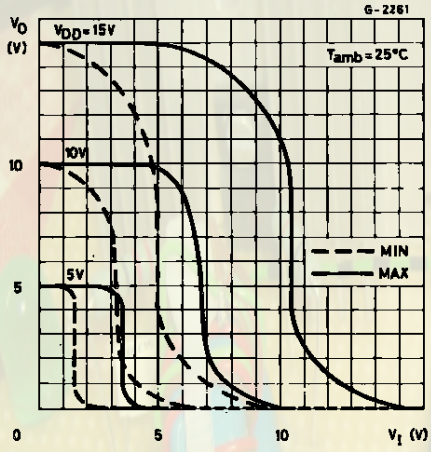
Figure 6. Gate Threshold Variation with Temperature

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25°C, C_L = 50pF, R_L = 200kΩ, typical temperature coefficient for all V_{DD} = 0.3%/°C values, all input rise and fall time = 20ns)

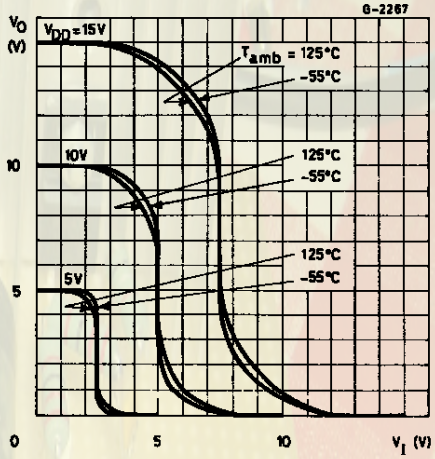
Symbol	Parameter	Test Conditions		Value			Unit
			V_{DD} (V)	Min.	Typ.	Max.	
t_{PLH}, t_{PHL}	Propagation Delay Time		5		55	110	ns
			10		30	60	
			15		25	50	
t_{TLH}, t_{THL}	Transition Time		5		100	200	ns
			10		50	100	
			15		40	80	

4069 CMOS inverter

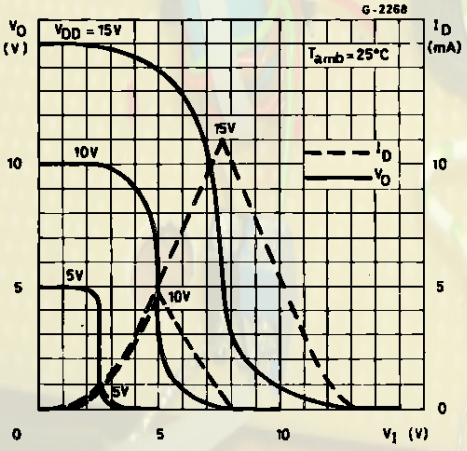
Minimum and Maximum Voltage Transfer Characteristics.



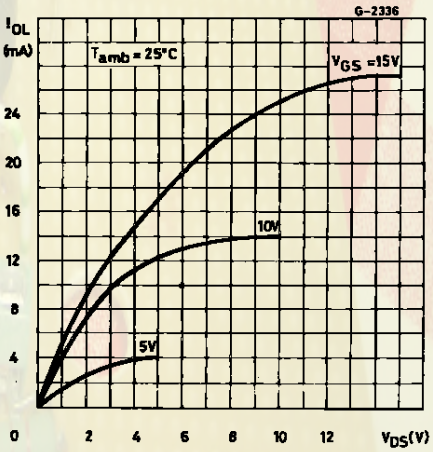
Typical Voltage Transfer Characteristics as a Function of Temperature.



Typical Current and Voltage Transfer Characteristics.



Typical Output Low (sink) Current Characteristics.



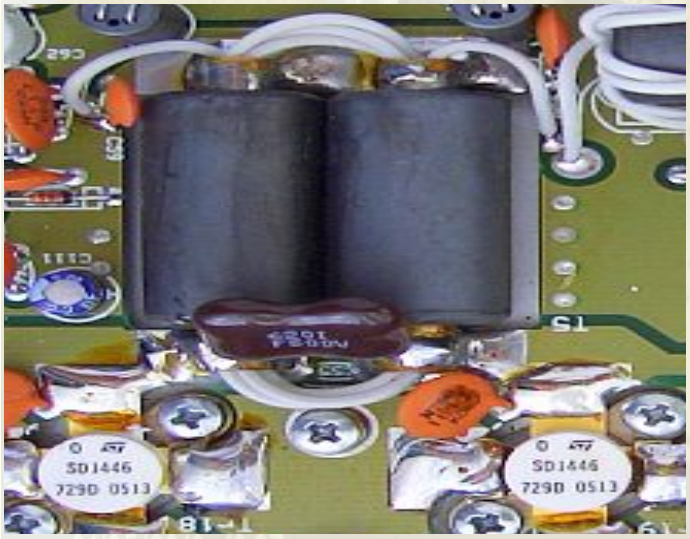
18 MosFetHfAmp

HF-Verstärker erfordern andere Schaltungstechnik:

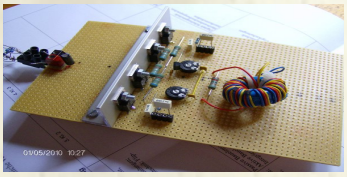
- HF-Amplifier[12] werden *NICHT* mit rückgekoppelten OPs realisiert, da die Rückkoppel-Schleifen (feedback loop) bei diesen Frequenzen *oszillieren*
  – vgl. *'Amplitudenrand/-reserve' (gain margin), 'Phasenrand/-reserve' (phase margin)*
- Man muss HF-Verstärker aus einzel- oder doppel- Transistorstufen
  »OHNE Feedback«
  kaskadieren.
- Auch hat man statt gut +20dB nur mehr ca.
  $g_p \approx$ **+10dB** Leistungsverstärkung (power gain g_p).
  Anstelle 4 oder 8 Ohm Audio-Lastimpedanzen sind meist Ein- und Ausgang an
  50 Ω angepasst.
- Impedanzwandlungen werden mit
  Übertragern (s.u.)
  (transmission line transformer: Winding made from Coax / twisted pair line) core material: ferrite or iron powder ceramics) vorgenommen.

- Dass es ohne Gegenkopplungen schlecht um die Linearität steht, ist bei HF (ab ~1MHz) nicht sooo schlimm, weil Signalverzerrungen in 2-, 3-, 4-, 5- usw. -fachen harmonischen Schwingungen (*Oberwellen*) resultieren, die sich *'weg'* filtern lassen. (eh klar, dass es *'ganz weg'* nicht gibt)
- Gegentaktverstärker haben *reduzierte* geradzahlige Harmonische (da wird die Filterei leichter)
- Es gibt 2 Wege, MosFET und PwrMosFET rasch zu
  1) überschreite $\pm U_{GS,max}$
  2) Lass ihn *ungekühlt*

töten



Lilis PA



XHs 10 sek. PA

XHs Gebläse PA

[12] 20kHz ist 'NF', nicht 'HF', auch Ultraschall (~ 40kHz) ist keine 'HF' 30..300kHz 'LF', 0.3..3MHz 'MF', 3..30MHz 'HF', 30..300MHZ 'VHF'

Aufgabe

immer:

→ Bitte eigene **Bauteile**, Kabel, Steckbrett, DMM, RasPi usw. mitführen.
→ Bitte ständig per händischer **Mitschrift** protokollieren (Unterrichtsmitschrift).
→ Messaufbauten sind ***sauber und sorgfältig*** auszuführen — Vermistung mit Kleidern, Schreibutensilien, Nahrungskomponenten, Spielsachen udgl. isch 'Nein!'

Alle Versuche und Messungen sind detailliert händisch in der Unterrichtsmitschrift zu protokollieren und rechnerisch zu hinterfragen.

□ entwickle einen HF-Verstärker mit BJT BC547: $P_o = 2mW(+3dBm)$; $f \approx 3MHz$; $Z_e = Z_o = 50\Omega$

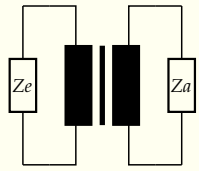
19 XH-Labor Experimente

19.1 Signal-Symmetriertrafos

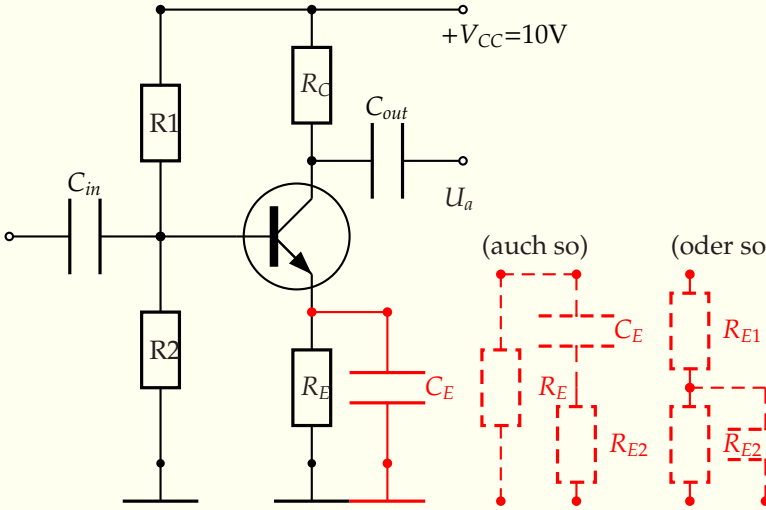
Alle Versuche und Messungen sind detailliert händisch in der Unterrichtsmitschrift zu protokollieren und rechnerisch zu hinterfragen.

"Spannungstransformator" ⟷ *"Stromtransformator"*

(liegt an der *Spannung*) (liegt im *Stromweg*)



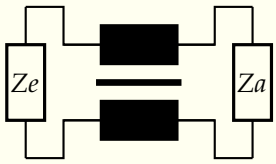
'Spannungstransformator'



EGS m.Stromgegenkopplung

⟷

Eingang Ue →
Differenz-Anteil
+Gleichtakt-Anteil



'Stromtransformator'

→ Ausgang Ua
Differenz-Anteil
~~Gleichtakt-Anteil~~

(common mode rejection ratio (CMRR) in [dB])

Stromtransformatoren (wenig Windungen) *muss* man **belasten**, sonst bremst ihr L den Strom — Spannungstransformatoren (viele Windungen) belastet man nur so viel, dass die kapazitive Kopplung(!) nicht irritiert.

Eine Spule aus Zwillings- oder Koaxialleitung dämpft Gleichtaktsignale gegenüber dem Differenzsignal, besonders mit Spulenkernen aus Ferriten. Die sich gegenseitig aufhebenden Ströme des Differenzsignals führen nicht zu Magnetisierung, weshalb besonders auch zur Betriebsfrequenz ungeeignete Ferrite verwendbar sind, um unerwünschte Gleichtaktsignale verursachende induzierte Störungen möglichst in Verlustwärme umzuwandeln. Frequenzgeeignete Kernmaterialien symmetrieren die Ströme.

typische Koaxkabel haben $Z_0 \in 50..60\Omega$, Zwillingsleitungen(TP) bei 110Ω

(3) Daumenregel: $\omega L > 5 \times$ Eingangs-/Ausgangsimpedanz

zB. Anpassungstrafo von 50 auf 200Ω: $Z_{prim} > 250\Omega$ (5*50)
(hat wegen $N_{sek} = 2 * N_{prim} \longrightarrow L_{sek} = 4 * L_{prim}$ $(L = {}^{N^2 \mu A_e}/_{l_e})$
automatisch $Z_{sek} = 4Z_{prim} > 5 * 200(1000)\Omega$

Wenn (3), dann $Ua_{CMRR} < \frac{1}{1+5} \equiv -15.6dB$

Teil III

Auswertung

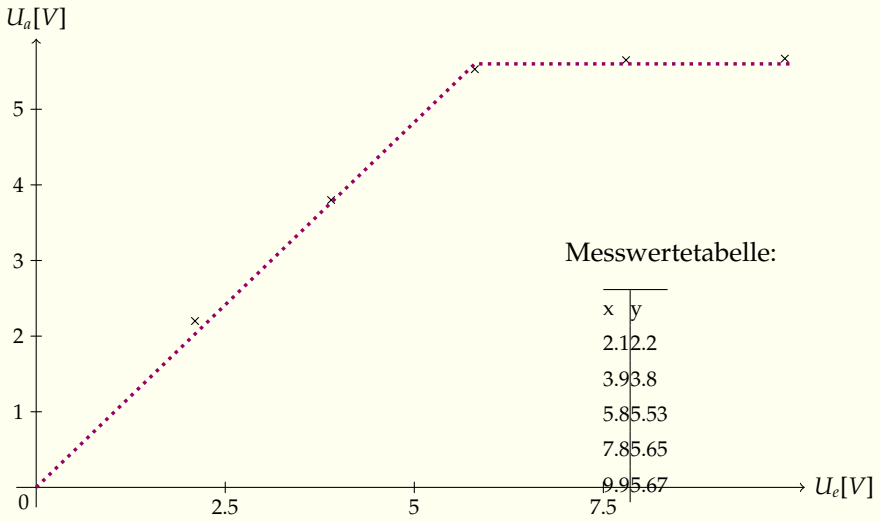
20 Oszilloskop-EigenAnstiegsZeit

$$t_{an}^2 = t_{skop}^2 + t_{sig}^2$$

$$t_{skop}[ns] * B_{skop}[MHz] = 0.35$$

t_{an} ..... gemessene Anstiegszeit
t_{skop} ..... EigenanstiegsZeit Oszilloskop
t_{sig} ..... wahre Anstiegszeit des Signals
B_{skop} ... 3dB-Eingangs-Bandbreite des Oszilloskops

21 xy-DG 'datavisualization'




```
\providecommand\xvalA{2.1}      \providecommand\yvalA{2.2}
\providecommand\xvalB{3.9}      \providecommand\yvalB{3.8}
\providecommand\xvalC{5.8}      \providecommand\yvalC{5.53}
\providecommand\xvalD{7.8}      \providecommand\yvalD{5.65}
\providecommand\xvalE{9.9}      \providecommand\yvalE{5.67}
%
\usetikzlibrary{datavisualization}
\tikz{
  \datavisualization[school book axes={standard labels},
                visualize as scatter,
                x axis={label=$U_e[V]$,ticks=few},
                y axis={label=$U_a[V]$,ticks=some}
                %,clean ticks
                ]
        data{
        x, y
        \xvalA, \yvalA
        \xvalB, \yvalB
        \xvalC, \yvalC
        \xvalD, \yvalD
        \xvalE, \yvalE
        };
  \draw[line width=1.3pt,dotted,violet!60!purple]
        (0,0) --++(5.8,5.6) --++(4.2,0);
  \draw (7,3)node[]{%
        \xpicput{0}{0}{\xhtmbox{Messwertetabelle:
        \\[2mm]\dx5{\smaller[1]\begin{tabular}{l|l}
        \hline
        x       &y      \\
        \xvalA  &\yvalA \\
        \xvalB  &\yvalB \\
        \xvalC  &\yvalC \\
        \xvalD  &\yvalD \\
        \xvalE  &\yvalE
        \end{tabular}
        }}}
        };
}
```

22 zur Beurteilung von Labor-Abgaben

22.1 Projektplanungs-Dokumente

- Deckblatt:
  - Autor, Klasse
  - Aufgabe, Abgabedatum, Deadline:Datum
  - Prüfer
- Aufgabenstellung
- Problemanalyse:
  - Methodenplan
  - mögl. Missverständnisse i.d. Aufgabenstellung
  - Ergänzungen zur Aufgabenstellung
  - Lösungswege
  - Nutzwertanalysen
  - Entscheidung
- Testplan
- Grobdesign
- Aufwandsberechnung
- Kostenkalkulation
- techn.Detailplanung
- Realisierung
- EndTest

22.2 Dokumente e. Labormessaufgabe

- Deckblatt:
  - Autor, Klasse
  - Aufgabe, Abgabedatum, Deadline:Datum
  - Zeitpunkt des Experiments
  - Prüferperson
- Sicherheitsrichtlinien
- Vorbereitung:
  - Messmittel, Anordnung u. Einstellungen
  - Messaufbau(Bauteile, Kabel, Schaltung, Verdrahtung)
  - Messprotokoll-Leerformular mit Einstellwerten
  - schrittweise Arbeitsanleitung (Protokoll-Formular)
- Experiment:
  - Arbeitsprotokoll
  - Messprotokoll
- Auswertung:
  - Diagramme
  - Fehlerberechnung
  - Anmerkungen, Schlussfolgerungen, Buglist, To-Do's

22.3 ges.Bestimmungen

(s. 'obelix' http://10.10.63.61 "1 2 3 4 5 **6** 6.1")
Da es sich insgesamt um 'Mitarbeit' handelt

"Hausübungen sind jedoch in die Mitarbeit einzubeziehen (LB-VO § 4 Abs. 1 lit. b 1.3.2.)",

gilt

"Feststellung der Mitarbeit[...] (LBVO §4) [...] Einzelne Leistungen sind nicht gesondert zu benoten. Es ist eine Gesamtbeurteilung der Mitarbeit auf Grund der darüber vorgenommenen Aufzeichnungen am Ende des Semesters beziehungsweise der Schulstufe vorzunehmen."

und

"Über die Leistungsfeststellungen auf Grund der Mitarbeit [...] hinaus dürfen nur so viele Leistungsfeststellungen vorgesehen werden, wie für eine sichere Leistungsbeurteilung [...] unbedingt notwendig sind"

"Grundsätzlich dürfen mündliche Leistungsfeststellungen, also auch mündliche Übungen, nur dann durchgeführt werden, wenn die Feststellung der Mitarbeit im Unterricht und allenfalls im Lehrplan vorgeschriebene Schularbeiten für eine sichere Leistungsbeurteilung nicht ausreichen (LB-VO § 3 Abs.4 1.3.1.)."

"Schriftliche Überprüfungen dürfen nur durchgeführt werden, wenn die Mitarbeit und allenfalls vorgeschriebene Schularbeiten für eine sichere Leistungsbeurteilung nicht ausreichen (Abs. 13 und LB-VO § 3 Abs.4 1.3.1.)."

Laborabgaben Noten geben wäre sogar falsch. Anderseits müssen Lehrende jederzeit einen aktuellen Notenstand bekanntgeben können (was obigem "am Ende des Semesters" ja widerspricht), dh. keine Noten zu bilden ist genauso falsch.

→ Rechtmachen geht nicht.

23 Vorwort 'se foreword'

Die Inhalte dieses Dokuments sind der Phantasie und Utopie entstammende, rein künstlerische Darstellungen bzw. *word art* ohne inhaltlichen Sinn, nicht frei von Rechten Dritter, ohne Eignung für einen bestimmten Zweck, die weder mit Wahrheit, Rechtmässigkeit, Richtigkeit, Brauchbarkeit noch mit deutscher, neuer, diskriminierender[13] oder Wiener Rechtschreibung zu tun haben, und dürfen weder weitergegeben, noch veröffentlicht, noch mechanisch oder elektronisch verarbeitet oder gespeichert werden. Für Inhalte quellverwiesener, zitierter oder verlinkter Werke/Inhalte kann keine Verantwortung/Haftung übernommen werden.

XHs allerwichtigste 3 Grundregeln:
- Alls, was der XH sag, ischa Blödsinn!
- Arbeit muß[a] Spaß[b] machen.
- XH mag keine Texte.[c]
- "gealt nit" gibts nit. (Ingenieur-Prinzip)
- nur aus Fehlern wird man klug[d]

[a] stammt noch aus alter Rechtschreibzeit
[b] Arbeit macht 'Spaß', wenn mans gern tut und gut kann; erreichtma mit Verbesserungsbestrebungen = gut-sein-wollen
[c] also Diagramme, Skizzen, Screenshots, Bilder, Tabellen udgl. statt *benutzerfreundlich, übersichtlich, selbsterklärend, irgendwie*
[d] Misserfolge geben zu denken

Als Vorlage verwendi die
Diplomschrift- Vorlage
von AV YH
(s. moodle2 und obelix) mit geringen Anpassungen in Schriftstil (Arial) u. Layout (A4) . . .

Dem unerreichbaren, großen
Vorbild und LaTeX-Mentor
Prof. Dr. Robert SALVADOR
gewidmet und gedankt!

23.1 der *obelix* Account

Der *obelix* ist mein jahrzehntelanger, schülergewidmeter Linuxrechner im Schulnetz. Er hat die IP `http://10.10.63.61/` und den *hostname obelix*, ist mit dieser URL aber nicht im Schul-DNS eingetragen (das wird zwar vielfach gewünscht, verweigere iXH aber bewusst, damit die Teilnehmer das Arbeiten mit IP statt URL sehen/lernen *müssen*). Das Ding ist im Unterricht und Alltag vielfach nützlich, als Webserver mit U-Material, Datenblattspeicher, Programmierwerkzeug, LAN-Experiment-Partner, Onlinedoku-Bibliothek (man-pages), WebDatenbankserver(MySQL), Schaltungssimulator(SPICE), DTP-Tool(LaTeX), Abgaben-Ordner und mein pers. zunehmend erforderliches *extended Memory*.

23.1.1 Aufbau of se user name

am *obelix* `http://10.10.63.61/` hat man einen eigenen Account;
der Benutzername (zB. "n15afffvv") besteht aus

```
  n = EL-Abt. (w=WI Abt.)
 15 = Jahr 2015 des HTL-Einstiegs
  a = a-Klasse
fff = Familienname, Buchst.1--3
 vv = Vorname, Buchst.1 u. 2
 zB. "n15amaifr", "n16cxmilu" usw.
```

(Umlaute und ß werden zweibuchstabig ersetzt ö=oe, ß=ss,..., auch *sch* durch "x"; das Standartpasswort lautet "htl" (klein!) — ändere es raschest!

[13] *[...] Das Wort Diskriminierung stammt von dem aus dem lateinischen Verb discriminare 'trennen', 'absondern', 'abgrenzen', 'unterscheiden' im Spätlateinischen abgeleiteten Verbalsubstantiv discriminatio 'Scheidung, Absonderung.' Das Verb diskriminieren wurde im 16. Jahrhundert in der wertneutralen Bedeutung 'unterscheiden', 'sondern', 'trennen' ins Deutsche entlehnt und ist dort seit dem 19. Jahrhundert kontinuierlich belegt [...]* (de.wikipedia.org 01Nov15)
'to discriminate': unterscheiden, einen Unterschied machen, unterschiedlich behandeln [...] (www.dict.cc 01Nov15)
Als Diskriminator (lat. discriminare = trennen, scheiden) werden verschiedene Geräte oder Baugruppen innerhalb von Geräten der Nachrichtentechnik, Elektronik und Messtechnik bezeichnet. Diskriminatoren dienen zur Auswertung analoger oder digitaler Signale [...] (de.wikipedia.org/wiki/Diskriminator 01Nov15)
Die Formulierung »Schüler und SchülerInnen« macht einen Unterschied, indem sie extra genannt werden, »diskriminiert« also; zudem sind Großbuchstaben mitten im Wort *nicht* deutsch! Es verbindet also »SchülerInnen« mit groben Rechtschreibfehlern. Darin ist mE. insgesamt eine ganz ganz große Beleidigung und Geringschätzung der gesamten Weiblichkeit zu sehen — mE. diskriminierende Nichtrechtschreibung.
Eine Titelschreibweise wie Mag[a] ist mW. normenwidrig, der Titel ist *nichtexistent* und vor allem ist er eine diskriminierende Frauenkennzeichnung (*'Frauen sind kennzeichnungspflichtig'*) wie »Intel inside«, vergleichbar dem »Judenstern« im dt.Reich; ist das »verbotene Wiederbetätigung« ?

23.2 remote Login zum Linux Server (zB obelix)

Wie stelle ich eine *ssh*- Remote-Login Verbindung zum *obelix* her:

vom Linux:

`ssh n18bxxxyy@10.10.63.61`
password: 'htl'
'cd public_html'

Achtung:
Linux ist **"case-sensitive"**
Gross/Kleinschreibung
ist **relevant!**

vom MacOS:

Systemkonsole starten
dann wie auf Linux: `"ssh n18bxxxyy@10.10.63.61"`
password: 'htl'
'cd public_html'

am Winzigweich:

`"putty 10.10.63.61"` (oder zB TeraTerm)
username: 'n18bxxxyy'
password: 'htl'
'cd public_html'

*seit Version 10.?? habe 'powershell' auch ein (reduziertes) "ssh"

(mit xxx ... erste 3 Nachnamensbuchstaben,
yy ... erste 2 Vornamensbuchstaben)

23.3 C-Programmcodeeingabe am 'obelix'

nach erfolgreichem 'remote login' mit 'ssh' oder 'putty':

im Webseitenbereich:

1. *'cd ~/public_html'*
2. *'mkdir -pv gibNichtXH/meinprojekt'*
3. *'cd gibNichtXH/meinprojekt'*
4. *'nano meinPgm.c'*
5. (C-Programmcode eintippen)
6. (abspeichern mit Strg+O)
7. 'nano' verlassen mit Strg+X

Achtung:
Linux ist
"case-sensitive"
Gross/Kleinschreibung
ist **relevant!**

ausserhalb
Webseitenbereichs:

1. *'cd ~'*
2. *'mkdir -pv gibNichtXH/meinprojekt'*
3. *'cd gibNichtXH/meinprojekt'*
4. *'nano meinPgm.c'*
5. `(C-Programmcode eintippen)`
6. `(abspeichern mit Strg+O)`
7. 'nano' verlassen mit Strg+X

Es gibt **kein**
Datei-
"WIEDERHERSTELLEN"!

23.4 C-Code XH- Abgabe ins 'gibXH' am 'obelix'

Alles, was DU ins `public_html/gibXH` ablegst, wird bewertet!

Nach erfolgreichem 'remote login' mit 'ssh' oder 'putty',
erfolgter Programmcodeeingabe und Test:

gibXH-Abgabe:

1. *'mkdir -pv ~/public_html/gibXH/meinprojekt'*
2. *'cp -v meineAbgabe ~/public_html/gibXH/meinprojekt'*

23.5 C-Compilieren am 'obelix'

nach erfolgreichem 'remote login' mit 'ssh' oder 'putty'
plus C-Programmcode eintippen:

ohne Zusatzlibrary: *'gcc -o myBin meinPgm.c'*

incl. 'math'-library: *'gcc -o myBin meinPgm.c -lm'* f. sin(), exp(), pow() udgl.

incl. 'pthread'-library: *'gcc -o myBin meinPgm.c -lptread'* (pthread ... Multithreading)

incl. 'rt'-library: *'gcc -o myBin meinPgm.c -lrt'* ('rt' ... RT, real time)

incl. math u. RT: *'gcc -o myBin meinPgm.c -lm -lrt'*

23.6 compiliertes C-Programm ausführen am 'obelix'

nach erfolgreichem 'remote login' mit 'ssh' oder 'putty'
plus C-Programmcode Eintippen plus Compilieren:

im current directory: *'./myBin'*

in '/pfad/zum/dir': *'/pfad/zum/dir/myBin'*

23.7 C++ Compilieren am 'obelix'

nach erfolgreichem 'remote login' mit 'ssh' oder 'putty'
plus Programmcodeeingabe (in diesem Bsp. ins File 'meinCCpgm.C'):

ohne Zusatzlibrary: *'g++ -o myCCbin meinCCpgm.C'*

'gcc' und 'g++' sind derselbe Compiler;
das 'g++' sagt ihm lediglich,
dass er C++ zu übersetzen hat
und C++ Libraries einbindet.

23.8 Windows Netzlaufwerk mappen

(1) den Windows-Explorer starten
(2) Netzlaufwerk verbinden
(3) share: \\10.10.63.61\n18bxxxyy
(4) unter anderem Benutzernamen (sonst nimmt es den Win- User)
(5) Benutzername: n18bxxxyy
(6) Kennwort: htl
(7) fertigstellen

23.9 Password

Das Linux-User-Passwort ändert man mit *passwd <username>*
und das Windows-Netzlaufwerk-Password (samba) mit *smbpasswd <username>*

24 ©copyrights, Haftungsausschluss

©Copyrights by ©F.Klingler KN, ©M.Signitzer SM, ©R.Salvador SV, ©G.Schlemmer XM, ©C.Schönherr XH, ©A.Stumpfel YU, ©G.Steinwender YW

Die Angaben in diesem Dokument sind ohne Rücksicht auf Patentschutz oder Urheberrechte angeführt, und die Verwendung ist ausschliesslich auf den Schulunterricht an der HTL Innsbruck Anichstraße zur Verwendung als Diskussionsgrundlage in den unterrichteten Klassen eingeschränkt; eine andere Nutzung, gewerbliche Nutzung, Verbreitung, Veröffentlichung, Wiederveröffentlichung udergl. ist untersagt und widerrechtlich. Warennamen, Produktbezeichnungen, Logos, Abbildungen, Zitate udergl. sind ohne Gewährleistung freier Verwendbarkeit angeführt. Es wird mit äusserster Sorgfalt vorgegangen, was jedoch Fehler und Irrtümer leider nicht ausschließt, für deren Folgen keine wie immer geartete juristische Verantwortung oder Haftung übernommen werden kann. Ich erkläre den Inhalt dieses Dokuments jedem Zeitpunkt nach der Erstellung als widerrufen und gegenstandslos. Die Gestaltungen und Ausführungen sind in jeder rechtlichen Hinsicht bzgl. deren Ernsthaftigkeit insgesamt als frei und wirr zusammenphantasierte, unwahre, unreflektierte, inhaltlich unsinnige sprachliche Kunstwerke zu betrachten. Alle Rechte incl. fotomechanischer oder elektronischer Wiedergabe, Speicherung oder Übertragung vorbehalten.

Angaben nach TDG (Teledienstgesetz)

Verantwortlich für den Inhalt: XH

Schutzrechte: Die Verwendung von grafischen Elementen dieser und aller meiner Werke und Auftritte in elektronischen und nichtelektronischen Medien ist nur mit meiner ausdrücklichen schriftlichen Zustimmung erlaubt. Sämtliche Urheber-, Schutz- und sonstige Nutzungsrechte liegen bei mir. Dies gilt nicht für Texte, Grafiken und Bilder, die mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden. Hier gilt das Urheberrecht des jeweiligen Verfassers uneingeschränkt. Alle Rechte vorbehalten.

Rechtliche Hinweise: 1. Urheberrecht: Meine Werke und Auftritte genießen urheberrechtlichen Schutz. Insbesondere Vervielfältigungen, Übersetzungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in anderen elektronischen Medien sind urheberrechtlich geschützt. Nachahmung und Verwertung - auch auszugsweise - sind nur mit meiner schriftlichen Genehmigung statthaft. Inhalte und Strukturen sind urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung von Informationen oder Daten, insbesondere die Verwendung von Texten, Textteilen oder Bildmaterial, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung. Die Abbildungen genießen den Schutz des § 72 UrhG. Die Veröffentlichungs- und Vervielfältigungsrechte liegen bei mir. Die Rechte bleiben auch in vollem Umfang bestehen, wenn Bilder elektronisch oder händisch in ein Archiv übernommen werden. 2. Haftungsausschluß für Seiten/Darbietungen Dritter: a. Die Werke und Auftritte enthalten auch Verknüpfungen (sog. "Hyperlinks") zu Werken und Websites im Internet, die von Dritten gepflegt werden und deren Inhalte mir nicht bekannt sind. Ich vermittle lediglich den Zugang zu diesen und übernehme keinerlei Verantwortung für deren Inhalte. Meine Links auf fremde Werke und Internetseiten dienen lediglich zur Erleichterung Ihrer Navigation. Ich mache mir die auf verwiesenen/verlinkten Werke und Auftritte dargestellten Aussagen nicht zu eigen. Insbesondere hafte ich nicht für dort begangene Verstöße gegen gesetzliche Bestimmungen und Rechte Dritter.

b. Die Inhaber der Werke und Internetseiten, zu denen über die von mir erstellten Werke und betriebenen Internetauftritte Hyperlinks bestehen, sind sowohl für deren Inhalt als auch für den Verkauf der dort angebotenen Produkte und die Abwicklung der Bestellung allein verantwortlich. c. Ich hafte nicht für die Verletzung von Urheberrechten, Marken und Persönlichkeitsrechten, die auf einer mit einem Hyperlink versehenen Seite begangen werden. d. Im Falle einer Bestellung kommt lediglich ein Vertrag zwischen dem Nutzer und dem jeweiligen Inhaber der Internetseite bzw. dem dort präsenten Anbieter, in keinem Falle jedoch aber ein Vertrag zwischen mir und dem Nutzer zustande. Bitte beachten Sie die allgemeinen Geschäftsbedingungen des jeweiligen Anbieters der verlinkten Internetseite.

3. KEINE ABMAHNUNG OHNE KONTAKTAUFNAHME: Sollte irgendwelcher Inhalt oder die designtechnische Gestaltung einzelner Angebotsseiten oder Teile dieses Angebots/Werks fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen oder anderweitig in irgendeiner Form wettbewerbsrechtliche Probleme hervorbringen, so bitte ich unter Berufung auf Phar. 8 Abs. 4 UWG, um eine angemessene, ausreichend erlaeuternde und schnelle Nachricht ohne Kostennote. Ich garantiere, dass die zu Recht beanstandeten Passagen oder Teile dieser Angebots(web)seiten in angemessener Frist entfernt bzw. den rechtlichen Vorgaben umfänglich angepasst werden, ohne dass von Ihrer Seite die Einschaltung eines Rechtsbeistandes erforderlich ist. Die Einschaltung eines Anwaltes, zur für den Dienstanbieter kostenpflichtigen Abmahnung, entspricht nicht dessen wirklichen oder mutmasslichen Willen und würde damit einen Verstoß gegen Phar. 13 Abs. 5 UWG, wegen der Verfolgung sachfremder Ziele als beherrschendes Motiv der Verfahrenseinleitung, insbesondere einer Kostenerzielungsabsicht als eigentliche Triebfeder, sowie einen Verstoß gegen die Schadensminderungspflicht darstellen.

Haftungsauschluss

* Der Inhalt dieser Präsentation wurde unter angemessener Sorgfalt erstellt
* Allerdings erfolgt keine Gewähr, dass die Inhalte korrekt, vollständig oder aktuell sind

Jegliche Nutzung der Inhalte erfolgt auf eigene Gefahr, unter Ausschluß eines Anspruches auf Schadenersatz, weder für materielle noch immaterielle Schäden, so wie körperliche Schäden

* Die Überlassung der Präsentation erfolgt nur für den internen Gebrauch des Empfängers ohne Veröffentlichung auf WEB-Seiten oder nach Anfrage
* Die Präsentation stellt keine Beratung dar

Abmahnungsbestimmungen:

* Sollte irgendwelcher Inhalt oder die designtechnische Gestaltung einzelner Seiten oder Teile dieser fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen oder anderweitig in irgendeiner Form wettbewerbsrechtliche Probleme hervorbringen, so bitten wir unter Berufung auf †8 Abs. 4 UWG, um eine angemessene, ausreichend erläuternde und schnelle Nachricht ohne Kostennote
* Dennoch von Ihnen ohne vorherige Kontaktaufnahme ausgelöste Kosten werden wir gänzlich zurückweisen und gegebenenfalls Gegenklage wegen Verletzung vorgenannter Bestimmungen einreichen.

Sonstiges:

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR AND CONTRIBUTORS ”AS IS” AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.
Die Benutzungsbedingungen unterliegen österreichischem Recht. Gerichtsstand für Streitigkeiten, die meine Auftritte betreffen, ist Innsbruck. XH