

Inverter SYNEG:

```

SCH SYNEG E-A-P-M

*(BN=24. 61392934, BP=75. 38607067, GEN=2)
* SYMMETRISCHER INVERTER UINV=2. 5000 V
* EIGENLAST IDENTISCH NEG1-STAZ
* 18. 7. 85 >>>GH<<<

TN1 E-A-M-M=ENC(BN=24. 61392934, GEN=2)
TP2 E-A-P-P=EPC(BP=75. 38607067, GEN=2)

```

Transistorschaltungen:

```

SCHALTUNG: ENC G-D-S-B (BN=16, LN=6, GEN=2)
=====
ENHANCEMENT-TRANSISTOR N-KANAL CSGT2N
WAEHLBARE KAPAZITAETSGENAUIGKEIT (GEN=0, 1, 2)
Version vom 18. 07. 1985 >>Heinz/EE2<<<
=====
IDS D-S=CTRA(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BN, LN, 1)
CGD G-D=CKAP(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BN, LN, 1, 1, GEN)
CGS G-S=CKAP(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BN, LN, 1, 2, GEN)
CGB B-S=CKAP(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BN, LN, 1, 3, GEN)
CDB D-B=CKAP(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BN, LN, 1, 4, GEN)

```

```

SCHALTUNG: EPC G-D-S-B (BP=16, LP=6, GEN=2)
=====
ENHANCEMENT-TRANSISTOR P-KANAL CSGT2N
WAEHLBARE KAPAZITAETSGENAUIGKEIT (GEN=0, 1, 2)
Version vom 18. 07. 1985 >>Heinz/EE2<<<
=====
IDS S-D=CTRA(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BP, LP, 2)
CGD D-G=CKAP(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BP, LP, 2, 1, GEN)
CGS S-G=CKAP(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BP, LP, 2, 2, GEN)
CGB S-B=CKAP(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BP, LP, 2, 3, GEN)
CDB B-D=CKAP(U: CGS, U: IDS, U: CGB, BP, LP, 2, 4, GEN)

```

Stromquelle I_{DS}:

```
REAL*8 FUNCTION CTRA(UGS, UDS, UGB, B, L, TRS)
IMPLICIT REAL*8 (A-Z)
INTEGER*2 J
ANALOG-ENHANCEMENT-TRANSISTORMODELL N- UND P-KANAL
FUER ZWEIGSPANNUNGSANALYSE
NACH CMOSTA (ZFTM) VOM 13. 11. 81
INT 18. 7. 85 >>>GH<<<
```

```
K11 (in uA/V**2) STETS POSITIV BEI P- UND N-KANAL
K11, K21, UT01-PARAMETER BEI L=UNENDLICH UND B=UNENDLICH
BETA2=K(1)=K11+K12/LEL+K13/BEL
K2=K21+K22/LEL+K23/BEL
K3=K31+K32/LEL
K4=K41+K42/LEL
K5=K51+K52/LEL
UT0=K(6)=UT01+UT02/LEL+UT03/BEL
DELTAB=DB
DELTAL=DL
VF2=VF2
```

```
POLARITAETEN DER ZWEIGSPANNUNGEN:
UGS: G->S: POS., UDS: D->S: POS., UBS: B->S: NEG. --- N-KANAL
UGS: S->G: POS., UDS: S->D: POS., UBS: S->B: NEG. --- P-KANAL
BEIM P-KANAL SIND IM MODELL DIE ZWEIGRICHTUNGEN ZU VERTAUSCHEN,
DAMIT VORZEICHEN DER ZWEIGSPANNUNGEN IN DIESER ORIENTIERUNG
VERBLEIBEN. EVTL. VERTAUSCHTE SOURCE- UND DRAIN-ANSCHLUESSE KORRIGIERT
DAS MODELL EIGENSTAENDIG.
```

```
TRS=1: N-KANAL-PARAMETERSATZ
TRS=2: P-KANAL-PARAMETERSATZ
```

```
M=1: UDS>VS
M=-1: UDS<VS (WIRD VOM MODELL EIGENSTAENDIG KORR.)
```

```
T(I, 1)= N-KANAL
T(I, 2)= P-KANAL
```

```
DATA /K11, K12, K13, K21, K22, K23, K31, K32, K41, K42, K51, K52, UT01,
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
UT02, UT03, DB, DL, VF2, VEB, XJ, COX, CRAND, CSPER, SAKT, EXP, WURZ, ...
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
```

```
DIMENSION T(26, 2)
```

```
DATA T/19. 47, 63. 72, 75. 08, 1. 144, -. 5488, . 3816, . 056, . 3161, 8E-4,
. 0564, . 7311, -. 503, 1. 178, -1. 72, . 3781, -2. 5, -1. 5, . 66, -1. 3, . 7, 5E-4,
5E-4, 6E-5, 8. . 5, . 418,
5. 678, 2. 643, -4. 165, . 41, -. 223, 2. 697, . 0588, . 4331, 76E-5, . 1169,
. 8385, . 0584, . 9049, . 3921, . 7749, -2. 5, -2. 1, . 59, -1. 3, . 7, 5E-4, 5E-4,
6E-5, 8. . 5, . 153/
```

```
IF (TRS.EQ. 1) THEN
```

```
J=1
ELSE
J=2
ENDIF
```

```
BEL=B+T(16, J)
LEL=L+T(17, J)
K10=(T(1, J)+T(2, J)/LEL+T(3, J)/BEL)*1E-3
K20=T(4, J)+T(5, J)/LEL+T(6, J)/BEL
K30=T(7, J)+T(8, J)/LEL
K40=T(9, J)+T(10, J)/LEL
K50=T(11, J)+T(12, J)/LEL
K60=T(13, J)+T(14, J)/LEL+T(15, J)/BEL
```

```
UBS=UGS-UGB
```

```
IF (UDS.LT. 0. 0) THEN
```

```
VG=UGS-UDS
```

```
VB=UBS-UDS
```

```
VD=-UDS
```

```
M=-1. 0
```

```
ELSE
```

```
VG=UGS
```

```
VB=UBS
```

```
VD=UDS
```

```
M=1. 0
```

```
ENDIF
```

```
IF (VB.LT. 0. 0) THEN
```

```
UET=K60+K20*(DSQRT(-VB+T(18, J))-DSQRT(T(18, J)))
```

```
ELSE
```

```
UET=K60
```

```
ENDIF
```

```

IREST=VD*1E-9*BEL/(LEL*15.)
VSAT=K50*(VG-UET)
KO=K10*BEL/(LEL*(1+K30*(VG-UET)))
K54=K40*K50*(VG-K60)

```

```

IF (VSAT.LT.-K54*VD) THEN
IDS=IREST
GOTO 1000

```

```

ELSE
IF (VSAT.GT.VD) THEN
IDS=KO*VD*(2.*VSAT*(K54+1.)+VD*(K54**2-1.))+IREST
GOTO 1000

```

```

ELSE
IDS=(KO*(VSAT+K54*VD)**2)+IREST
GOTO 1000
ENDIF
ENDIF
CTRA=IDS*M
RETURN
END

```

1000

Transistorkapazitäten:

```

REAL*8 FUNCTION CKAP(UGS, UDS, UGB, B, L, TRS, KAP, GEN)
IMPLICIT REAL*8 (A-Z)
INTEGER*2 J

```

```

ANALOG-ENHANCEMENT-TRANSISTORMODELLKAPAZITAETEN
SPANNUNGSABHAENGIGE ODER KONSTANTE MODELLIERUNG
N- UND P-KANAL; GATE-SOURCE- UND GATE-DRAIN-KAPAZITAET
FUER ZWEIGSPANNUNGSANALYSE
NACH CMOSTA VOM 13.11.81, CMOSEST UND KAPPAT (ZFTM)
INT 18.7.85 >>>GH<<<

```

```

POLARITAETEN DER ZWEIGSPANNUNGEN:
UGS: G->S: POS., UDS: D->S: POS., UBS: B->S: NEG. --- N-KANAL
UGS: S->G: POS., UDS: S->D: POS., UBS: S->B: NEG. --- P-KANAL
BEIM P-KANAL SIND IM MODELL DIE ZWEIGRICHTUNGEN ZU VERTAUSCHEN,
DAMIT VORZEICHEN DER ZWEIGSPANNUNGEN IN DIESER ORIENTIERUNG
VERBLEIBEN. EVTL. VERTAUSCHTE SOURCE- UND DRAIN-ANSCHLUESSE KORR
GIERT DAS MODELL EIGENSTAENDIG.

```

```

TRS=1: N-KANAL-PARAMETERSATZ
TRS=2: P-KANAL-PARAMETERSATZ

```

```

KAP=1: GATE-DRAIN-KAPAZITAET
KAP=2: GATE-SOURCE-KAPAZITAET
KAP=3: GATE-BULK-KAPAZITAET
KAP=4: DRAIN-BULK-KAPAZITAET

```

```

GEN=0: KONSTANTE KAPAZITAETEN
GEN=1: SPANNUNGSABHAENGIGE MOD. (UTE=f(VB))
GEN=2: SPANNUNGSABH. MOD. (MIT KURZ-& SCHMALKAN. EFF.)

```

```

M=1: UDS>VS
M=-1: UDS<VS (WIRD VOM MODELL EIGENSTAENDIG KORR.)

```

K11, K21, UTO1-PARAMETER BEI L=UNENDLICH UND B=UNENDLICH

```

T(I,1)= N-KANAL
T(I,2)= P-KANAL

```

```

DATA /K11, K12, K13, K21, K22, K23, K31, K32, K41, K42, K51, K52, UTO1,
      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
      UTO2, UTO3, DB, DL, VF2, VEB, XJ, CDX, CRAND, CSPER, SAKT, EXP, WURZ, etc.
      14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

```

```

DIMENSION T(26,2)
DATA T/19.47,63.72,75.08,1.144,-.5488,.3816,.056,.3161,8E-4,
      .0564,.7311,-.503,1.178,-1.72,.3781,-2.5,-1.5,.66,-1.3,.7,5E-4,
      5E-4,6E-5,8.,.5,.418,
      5.678,2.643,-4.165,.41,-.223,2.697,.0588,.4331,76E-5,1169,
      .8385,.0584,.9049,.3921,.7749,-2.5,-2.1,.59,-1.3,.7,5E-4,5E-4,
      6E-5,8.,.5,.153/

```

DATA PI/3.1415926535898D0/

```

IF (TRS.EQ.1) THEN
J=1
ELSE
J=2
ENDIF

```

F
F
F
F

```
BEL=B+T(16, J)
IF (KAP. EQ. 4) GOTO 100
```

```
LEL=L+T(17, J)
CO=T(21, J)*BEL*LEL
```

```
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
```

```
C KONSTANTE KAPAZITAETEN (GEN=0)
```

```
IF (GEN. EQ. 0) THEN
IF (KAP. EQ. 3) THEN
CKAP=0
RETURN
ENDIF
IF (KAP. EQ. 1) THEN
CKAP=.333*CO
RETURN
ENDIF
IF (KAP. EQ. 2) THEN
CKAP=.666*CO
RETURN
ENDIF
ENDIF
```

```
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
```

```
C SPANNUNGSABH. KAPAZITAETEN (GEN=1, 2)
```

```
UBS=UGS-UGB
IF (UDS. LT. 0. 0) THEN
VG=UGS-UDS
```

```
VB=UBS-UDS
VD=-UDS
M=-1
ELSE
VG=UGS
VB=UBS
VD=UDS
M=1
ENDIF
```

```
CXJ=T(21, J)*BEL*T(20, J)
UT00=T(13, J)+T(14, J)/LEL+T(14, J)/BEL
```

```
IF (GEN. EQ. 2) THEN
IF (VB. LT. 0. 0) THEN
K20=T(4, J)+T(5, J)/LEL+T(6, J)/BEL
K50=T(11, J)+T(12, J)/LEL
UET=UT00+K20*(DSQRT(-VB+T(18, J))-DSQRT(T(18, J)))
VSAT=K50*(VG-UET)
ELSE
UET=UT00
VSAT=T(11, J)*(VG-UET)
ENDIF
ELSE
UET=UT00-T(26, J)*VB
VSAT=T(11, J)*(VG-UET)
ENDIF
```

```
C GATE-BULK-KAPAZITAET:
```

```
IF (KAP. EQ. 3) THEN
IF (GEN. EQ. 1) THEN
KMIN=.333
VX=-T(19, J)*.333
IF (VSAT. LE. T(19, J)) THEN
CKAP=CO
RETURN
ENDIF
IF (VSAT. GT. VX) THEN
CKAP=0
RETURN
ELSE
CKAP=CO*(.333+.667*VSAT/T(19, J))
RETURN
ENDIF
ENDIF
```

```

IF (GEN. EQ. 2) THEN
KMIN= 1+. 15*UET
VX=-T(19, J)/(1/KMIN-1)
IF (VSAT. LE. T(19, J)) THEN
CKAP=CO
RETURN
ENDIF
IF (VSAT. GT. VX) THEN
CKAP=0
RETURN
ELSE
CKAP=CO*(KMIN-VSAT/T(19, J))*(KMIN-1)
RETURN
ENDIF
ENDIF
ENDIF

```

C GATE-SOURCE-KAPAZITAET:

```

IF (KAP. EQ. 2) THEN
IF (VSAT. LE. -. 1) THEN
CKAP=CXJ
RETURN
ENDIF
IF (VSAT. LE. 0) THEN
CKAP=CXJ+. 667*CO*(DSIN(5*PI*(. 1+VSAT)))**2+CXJ
RETURN
ENDIF
IF (VSAT. LE. VD) THEN
CKAP=CXJ+. 667*CO
RETURN
ELSE
CKAP=CXJ+. 667*CO*(1-((VSAT-VD)/(2*VSAT-VD)))**2)
RETURN
ENDIF
ENDIF

```

C GATE-DRAIN-KAPAZITAET:

```

IF (KAP. EQ. 1) THEN
IF (VSAT. LE. 0) THEN
CKAP=CXJ
RETURN
ENDIF
IF (VSAT. LE. VD) THEN
CKAP=CXJ
RETURN
ELSE
CKAP=CXJ+. 667*CO*(1-(VSAT/(2*VSAT-VD)))**2)
RETURN
ENDIF
ENDIF

```

C DRAIN-BULK-SPERRSCHICHTKAPAZITAET:

```

100 CAKT=T(24, J)*BEL*T(23, J)+(2*BEL+2*T(24, J))*T(22, J)
IF (GEN. EQ. 1. OR. GEN. EQ. 0) THEN
CKAP=CAKT
RETURN
ELSE
IF (UDB. LT. -. 699) THEN
CKAP=CAKT*. 001**(-T(25, J))
ELSE
CKAP=CAKT*((. 7+UDB)**(-T(25, J)))
ENDIF
RETURN
ENDIF
END

```

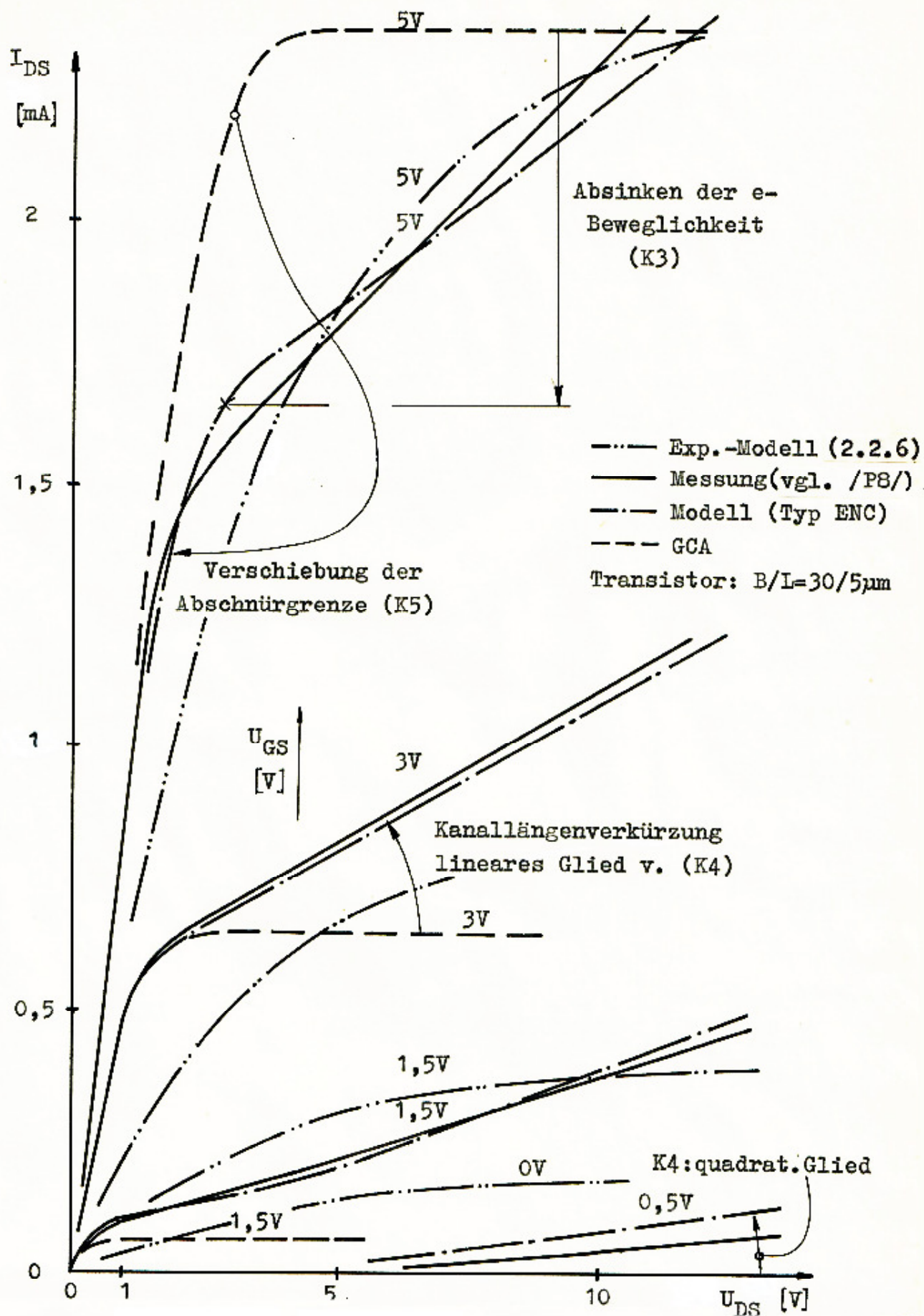


Abb.2.1-2: Modellverbesserungen am GCA-Grundmodell (nach /H10/).