

Zwölftongenerator für elektronische Orgeln

Monolithisch integrierte Spezial-LSI-Schaltung in MOS-Technik zur Erzeugung der zwölf Töne der höchsten Oktave sowie eines zusätzlichen dreizehnten Tones, der eine Oktave tiefer als der höchste Ton liegt. Gegenüber vergleichbaren herkömmlichen IC-Konzepten bietet der SAA 1030 folgende Vorteile:

Alle zwölf Töne werden durch Teilung der Taktfrequenz in einer einzigen integrierten Schaltung, mit einem einzigen Gehäuse 20 A 16, erzeugt. Es sind nur eine Versorgungsspannung und nur ein einfacher Einphasen-Taktgenerator erforderlich.

Die Frequenzgenauigkeit der zwölf Töne ist extrem hoch — die maximale Abweichung von der temperierten Tonskala beträgt $\pm 0,011\%$.

Bild 1 zeigt das Blockschaltbild des Tongenerator-Teils einer elektronischen Orgel, bestehend aus Taktoszillator, Tongenerator und Frequenzteiler.

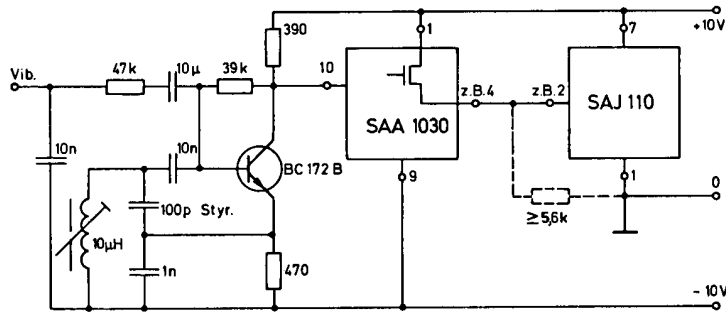
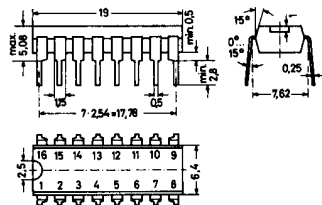


Bild 1: Blockschaltbild des Tongenerator-Teils einer elektronischen Orgel

Bild 2:
SAA 1030 im Dual-in-Line-Kunststoffgehäuse SOT-38 20 A 16 nach DIN 41 866
Gewicht ca. 1,2 g Maße in mm



| Anschlüsse | |
|------------|----------|
| 1 | Masse, 0 |
| 2 | f_7 |
| 3 | f_3 |
| 4 | f_{12} |
| 5 | f_9 |
| 6 | f_6 |
| 7 | f_1 |
| 8 | f_{13} |
| 9 | U_{DD} |
| 10 | U_t |
| 11 | f_2 |
| 12 | f_5 |
| 13 | f_8 |
| 14 | f_{11} |
| 15 | f_4 |
| 16 | f_{10} |

Alle Spannungsangaben sind bezogen auf Anschluß 1.

Grenzwerte

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------|----|
| Spannung an allen Anschlüssen | U_x | -24...+0,3 | V |
| Ausgangsströme | $I_2 \dots I_8, I_{11} \dots I_{16}$ | -10 | mA |
| Umgebungstemperaturbereich | T_U | -10...+60 | °C |
| Lagerungstemperaturbereich | T_S | -30...+125 | °C |

Empfohlene Betriebswerte

| | | | |
|--|--------------------------------------|--------------|----|
| Drainspannung | $-U_D$ | 20 (19...21) | V |
| Taktspannung | $-U_t$ | 8 (6...10) | V |
| Tastverhältnis der Taktspannung, siehe Bild 3 | t_f/T_t | 0,4...0,6 | |
| Anstiegs- und Abfallzeit der Taktspannung, 10%...90% bei $f_t = 5$ MHz, siehe Bild 3 | t_r, t_f | 50 | ns |
| Ausgangsströme | $I_2 \dots I_8, I_{11} \dots I_{16}$ | -3 | mA |

Siehe auch die Anwendungsschaltungen, Bilder 1 und 5.

Kennwerte bei $-U_D = 20$ V, $-U_t = 8$ V, $t_f/T_t = 0,5$, $f_t = 4,688 64$ MHz $I_2 \dots I_8 = I_{11} \dots I_{16} = -2$ mA, $T_U = 25$ °C

| | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|----|
| Ausgangsspannungen High-Zustand, siehe Bild 4 | U_{OH} | -0,5 | V |
| Ausgangswiderstand | r_o | 250 | Ω |
| Tastverhältnis der Ausgangsspannung, siehe Bild 4 | t_o/T_o | 0,5 | |
| Abweichung der Töne von der temperierten Tonskala | $\pm \frac{\Delta f_o}{f_o}$ | < 0,011 | % |
| Eingangswiderstand Anschluß 10 | $r_{10/1}$ | > 1 | MΩ |
| Eingangskapazität Anschluß 10 | $C_{10/1}$ | < 10 | pF |
| Stromaufnahme | I_D | -18 | mA |
| Ausgangsfrequenzen | | siehe Tabelle auf der folgenden Seite | |

Daten des mit Einzelhalbleitern aufgebauten Taktoszillators (siehe Bild 1)

| | | | |
|---|-------|-------|-----|
| Oszillatorfrequenz | f_t | 4...5 | MHz |
| Stromaufnahme | I | 10 | mA |
| frequenzbestimmender Kondensator, Styroflex | C | 100 | pF |

| | | | |
|---|---|-----------|-----------------|
| frequenzbestimmende Spule, Wicklung 27 Wdg, 0,3 mm ϕ CuLSS, Körper Sp 6/21-261 und Kern Gw 6/10 x 0,75 Fi 03 e 7 der Fa. Vogt u. Co. | L | 10 | μH |
| erforderliche Vibratospannung für $\Delta f_i/f_i = 1\%$ | U_{vib} | 1 | V |
| lineares Verhalten des Vibratoeingangs bis zu | $\Delta f_i/f_i$ | 4 | % |
| Temperaturkoeffizient der Taktfrequenz im Bereich $T_U = 0 \dots 60\text{ }^\circ\text{C}$ | $\frac{\Delta f_i}{f_i \cdot \Delta T_U}$ | 10^{-4} | K^{-1} |
| Abhängigkeit der Taktfrequenz von der Versorgungsspannung | $\frac{\Delta f_i}{f_i \cdot \Delta U_B}$ | 10^{-3} | V^{-1} |

Ausgangsfrequenzen und Frequenzabweichungen des SAA 1030
 bei $f_i = 4,688\ 64\ \text{MHz}$

| Frequenz Nummer | Ton | Anschluß Nummer | Ausgangs-frequenz Hz | relative Frequenz-abweichung in % ¹⁾ |
|-----------------|------------------|-----------------|----------------------|---|
| f_1 | c ⁶ | 7 | 8 372,57 | 0,007 |
| f_2 | h ⁵ | 11 | 7 902,70 | 0,007 |
| f_3 | ais ⁵ | 3 | 7 459,22 | 0,008 |
| f_4 | a ⁵ | 15 | 7 040,00 | 0 |
| f_5 | gis ⁵ | 12 | 6 644,90 | 0 |
| f_6 | g ⁵ | 6 | 6 272,01 | 0,001 |
| f_7 | fis ⁵ | 2 | 5 920,00 | 0,002 |
| f_8 | f ⁵ | 13 | 5 587,77 | 0,002 |
| f_9 | e ⁵ | 5 | 5 274,19 | 0,003 |
| f_{10} | dis ⁵ | 16 | 4 977,33 | -0,014 |
| f_{11} | d ⁵ | 14 | 4 697,99 | -0,014 |
| f_{12} | cis ⁵ | 4 | 4 434,35 | -0,013 |
| f_{13} | c ⁵ | 8 | 4 186,29 | 0,007 |

¹⁾ bezogen auf die heute gebräuchliche, gleichmäßig temperierte Stimmung mit einem Frequenzverhältnis von $\sqrt[12]{2}$ zwischen zwei benachbarten Halbtönen.

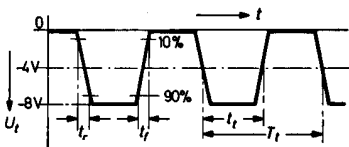


Bild 3: Form des Taktsignals

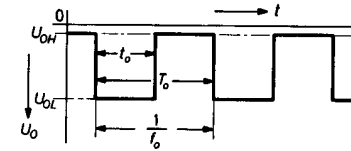


Bild 4: Form des Ausgangssignals. Die Ausgänge sind die Drain-Anschlüsse von Open-Drain-Transistoren. Daher hängt der Zahlenwert U_{OL} davon ab, an welche Spannung der Lastwiderstand angeschlossen ist.

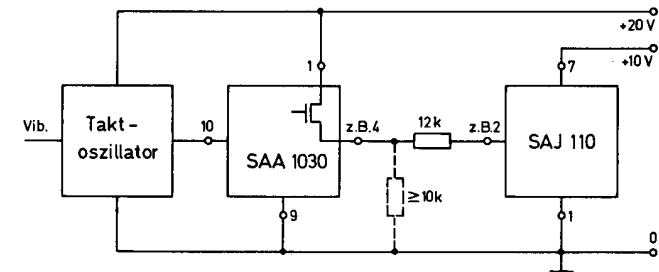


Bild 5: Blockschaltbild des Tongenerator-Teils einer elektronischen Orgel mit zwei gegen Masse positiven Versorgungsspannungen.

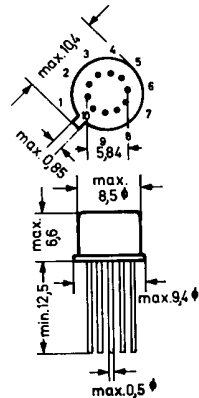
Tongenerator für elektronische Orgeln

Monolithisch integrierte LSI-Sonderschaltung in MOS-Technik. Zur Erzeugung der zwölf Töne der höchsten Oktave in elektronischen Organen sind drei SAH 190 erforderlich. Zur Ansteuerung wird ein Zweiphasen-Taktgenerator benötigt, siehe Bild 4, der praktisch der Mutteroszillator der Orgel ist und eine wesentlich höhere Frequenz als die höchste Oktave erzeugt. Ein SAH 190 erzeugt durch Teilung der Taktfrequenz vier Töne, deren Frequenzabstände jeweils einem Intervall von drei Halbtönen entsprechen. Durch äußere Umschaltung des Anschlusses Option I lassen sich diese vier Töne um einen Halbtonschritt oder wahlweise um einen Ganztonschritt absenken, so daß sich mit drei SAH 190 die bisherigen zwölf Mutteroszillatoren ersetzen lassen. Durch Umschalten des Anschlusses Option II können die Ausgangsfrequenzen des SAH 190 um eine Oktave geändert werden. Es läßt sich also wählen, ob die erzeugten Töne z. B. in der viergestrichenen oder in der fünfgestrichenen Oktave liegen.

Die Ausgänge A...D des SAH 190 sind vorzugsweise zum direkten Ansteuern des integrierten Frequenzteilers SAJ 110 bestimmt, siehe Bild 3. Zusätzlich darf eine weitere Last mit einem Widerstand $> 10\text{ k}\Omega$ angeschlossen werden. Das Ausgangssignal hat Rechteckform mit einem Tastverhältnis 0,5. Die größte Abweichung der zwölf Töne von der temperierten Tonskala beträgt $\pm 0,03\%$.

Bild 1:

SAH 190 im Metallgehäuse TO-96
 \approx TO-5 mit 10 Anschlußdrähten
Gewicht ca. 1 g Maße in mm



Anschlüsse

- 1 Masse, 0, Substrat, Gehäuse
- 2 Option II
- 3 U_{DD}
- 4 Ausgang A
- 5 Ausgang B
- 6 Ausgang C
- 7 Ausgang D
- 8 Takt t_2
- 9 Takt t_1
- 10 Option I

Alle Spannungsangaben sind bezogen auf Anschluß 1.

Grenzwerte

| | | | |
|----------------------------|------------|--------------|----|
| Taktspannung | U_8, U_9 | -30 ... +0,3 | V |
| Drainspannung | U_3 | -30 ... +0,3 | V |
| Ausgangsströme | I_4, I_5 | -5 | mA |
| | I_6, I_7 | -5 | mA |
| Lagerungstemperaturbereich | T_S | -20 ... +80 | °C |

Empfohlene Betriebswerte

| | | | |
|----------------|------------|-------------------|-----|
| Drainspannung | U_3 | -17 (-15 ... -19) | V |
| Taktspannungen | U_8, U_9 | -20 (-18 ... -22) | V |
| Taktfrequenz | f_t | 1 ... 1,5 | MHz |

Kennwerte

| | | | |
|--------------------|-------|-------|----------|
| Ausgangswiderstand | r_o | < 500 | Ω |
| Drainstrom | I_D | -5 | mA |

Teilverhältnis, einstellbar mit Hilfe des Anschlusses Option II:

| | | |
|-------------------|-------------------|-----|
| Option II an Null | $\frac{f_t}{f_1}$ | 176 |
| Option II offen | $\frac{f_t}{f_1}$ | 352 |

Erzeugung der zwölf Halbtöne durch unterschiedliche Spannungen am Anschluß Option I:

Die Frequenzen $f_1 \dots f_{12}$ sind die zwölf Halbtöne der Oktave, wobei f_1 der höchste und f_{12} der tiefste Ton ist. A...D sind die vier Ausgänge.

| | A | B | C | D |
|-------------------|-------|-------|-------|----------|
| Option I an t_1 | f_1 | f_4 | f_7 | f_{10} |
| Option I offen | f_2 | f_5 | f_8 | f_{11} |
| Option I an Null | f_3 | f_6 | f_9 | f_{12} |

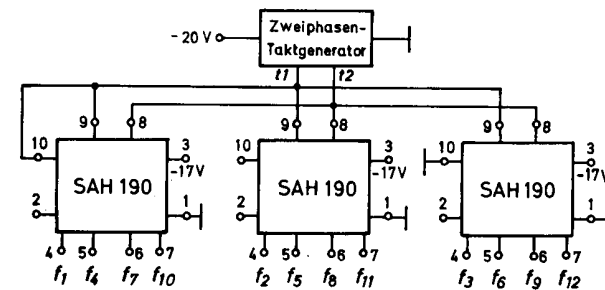


Bild 2: Blockschaltbild eines Zwölfongenerators mit drei SAH 190

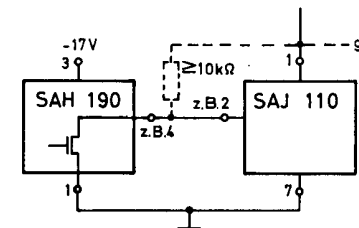


Bild 3: Zusammenschaltung von SAH 190 und SAJ 110

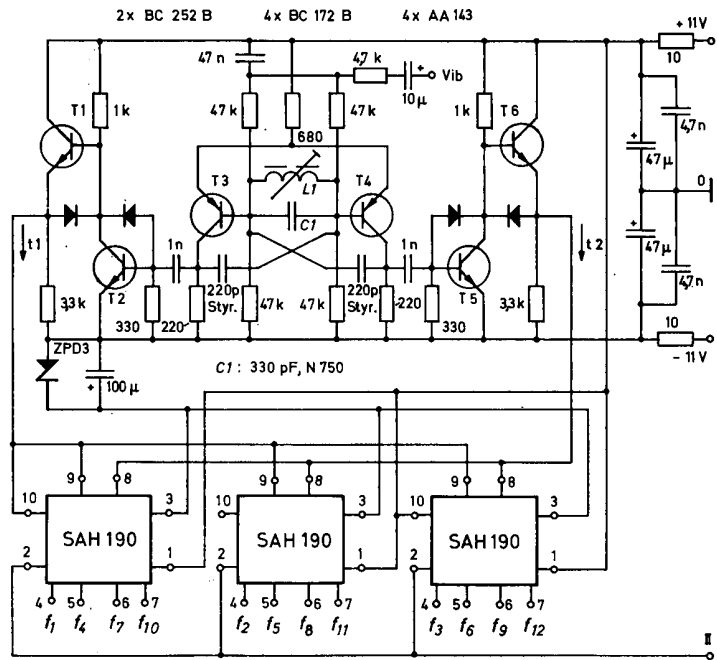


Bild 4: Zweiphasen-Taktgenerator $f = 1,2 \text{ MHz}$ für Tongenerator SAH 190

Siebenstufiger Frequenzteiler

Monolithisch integrierter siebenstufiger Frequenzteiler in Flipflop-Technik mit einzeln herausgeführten Ein- und Ausgängen, vorzugsweise für den Einsatz in elektronischen Organen.

Die Änderung des Schaltzustandes einer Flipflop-Stufe erfolgt mit der positiven Flanke der Eingangsspannung. Die einzelnen Flipflops können ohne zusätzliche Bauelemente zu einer Teilerkette zusammengeschaltet werden. Einige Stufen sind bereits intern gemäß Bild 2 miteinander verbunden.

Die Ausgangsspannung jeder Stufe wird über einen Emitterfolger ausgekoppelt, um zu gewährleisten, daß ihre Amplitude weitgehend lastunabhängig ist. Da kein interner Emitterwiderstand vorhanden ist, kann dabei Ausgangsstrom nur in einer Richtung fließen.

Bei der Verwendung in elektronischen Organen kann der Frequenzteiler SAJ 110 mit Sinus- oder Rechteckspannung angesteuert werden. Die Rechteck-Ausgangsspannung läßt sich mit RC-Filtern zur Änderung des Frequenzspektrums verformen.

Es kann eine Rückstellung aller Ausgänge erreicht werden, wenn man kurzzeitig alle Ein- und Ausgänge E bzw. A auf ein Potential $< 1,5\text{ V}$ bringt.

Bild 1:
SAJ 110 im Dual-in-Line-Kunststoffgehäuse TO-116 (Dil)
20 A 14 nach DIN 41 866
Gewicht ca. 1,1 g Maße in mm

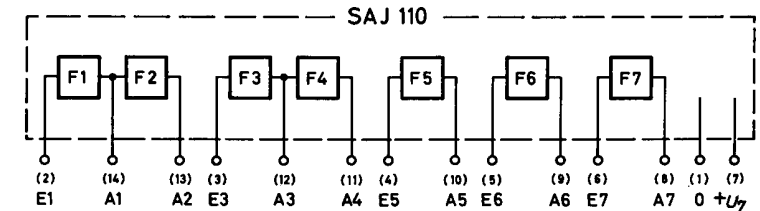
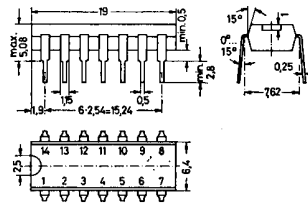


Bild 2: Blockschaltbild des SAJ 110
Die Zahlen in Klammern sind die Anschlußnummern des Maßbilds.

Alle Spannungsangaben sind bezogen auf Anschluß 1.

Grenzwerte

| | | | |
|----------------------------|-------------|------------------|--------------------|
| Versorgungsspannung | U_7 | 11 | V |
| Eingangsspannung | | siehe Bild 6 | |
| Ausgangsstrom je Stufe | I_A | 5 ¹⁾ | mA |
| Fremdspannung am Ausgang | U_{Fremd} | ± 5 | V |
| Umgebungstemperaturbereich | T_U | $-10 \dots +60$ | $^{\circ}\text{C}$ |
| Lagerungstemperaturbereich | T_S | $-30 \dots +125$ | $^{\circ}\text{C}$ |

Kennwerte einer Teilerstufe

bei $U_7 = 9\text{ V}$, $R_L = 2,2\text{ k}\Omega$, $T_U = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

| | | | |
|--|----------|-------------|------------------|
| Stromaufnahme („L“ am Ausgang) | I | < 3 | mA |
| Eingangsspannung „H“-Zust. (s. Bild 6) | U_{EH} | $6 \dots 9$ | V |
| Eingangsspannung „L“-Zustand | U_{EL} | < 1 | V |
| Ausgangsspannung „L“-Zustand | U_{AL} | $< 0,1$ | V |
| Ausgangsspannung „H“-Zustand | U_{AH} | > 7 | V |
| Anstiegszeit der Ausgangsspannung | t_r | $< 0,2$ | μs |
| Abfallzeit der Ausgangsspannung | t_f | $< 0,2$ | μs |
| Eingangswiderstand (s. Bild 7) | R_E | $6 \dots 9$ | $\text{k}\Omega$ |
| Ausgangswiderstand „L“-Zustand | r_A | > 1 | $\text{M}\Omega$ |
| Ausgangswiderstand „H“-Zustand | r_A | 200 | Ω |

¹⁾ darf beim Rückstellen nach Bild 4 und 8 kurzzeitig ($t < 0,1\text{ ms}$) überschritten werden.

Empfohlene Betriebswerte

| | | | |
|---------------------------|-----------|--------|------------|
| Versorgungsspannung | U_7 | 9 | V |
| höchste Eingangsfrequenz | f_{max} | 50 | kHz |
| Lastwiderstand am Ausgang | R_L | 2...20 | k Ω |

Wenn bei der Anwendung als Orgel-Frequenzteiler die Ausgangsspannung mit Hilfe von RC-Gliedern verformt wird, soll ein Schutzwiderstand von $R_S = 180 \Omega$ in Reihe mit dem Kondensator C_L geschaltet werden, siehe Bild 3. Dabei soll $R_L \gg R_S$ sein.

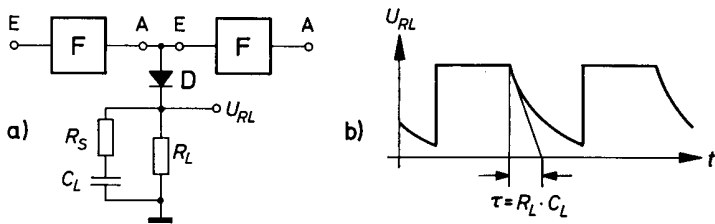


Bild 3: Verformung der Rechteck-Ausgangsspannung mit Hilfe von RC-Gliedern

- a) Schaltbild, D = Trenndiode, z. B. BA 170
- b) Kurvenform der Ausgangsspannung U_{RL}

Bei Einsatz in Zähler-schaltungen kann eine Rückstellmöglichkeit (alle Ausgänge auf „L“) erforderlich sein. Der SAJ 110 läßt sich rückstellen, indem alle Ausgänge auf ein Potential $< 3V$ gebracht werden, wobei die Eingänge auf 0 V liegen müssen (siehe Bild 8). Alternativ kann man zur Rückstellung alle Eingänge und Ausgänge auf ein Potential $< 1,5V$ legen, z. B. durch eine Schaltung nach Bild 4. Die Anstiegsflanke des Rückstellimpulses muß genügend steil sein, um den Rückstellvorgang in weniger als 0,1 ms abzuschließen, damit der gestrichelte Teil der Kennlinie Bild 8 schnell durchfahren und der SAJ 110 nicht überlastet wird. Der danach folgende Zustand ist unkritisch, da der Ausgang dann „L“ zeigt.

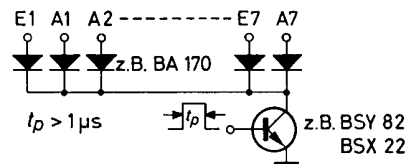


Bild 4: vorgeschlagene Rückstellschaltung für Zähleranwendungen

Bild 5: Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung

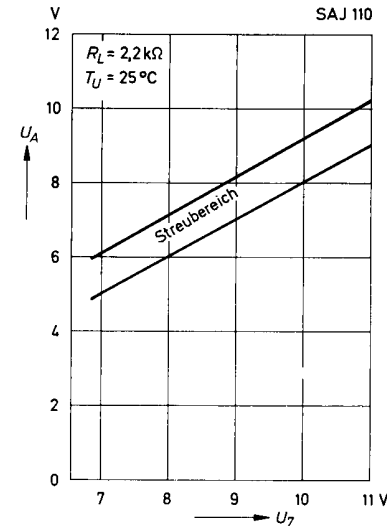


Bild 6: zulässige Streugrenzen für die Eingangsimpulse („H“-Zustand) in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung

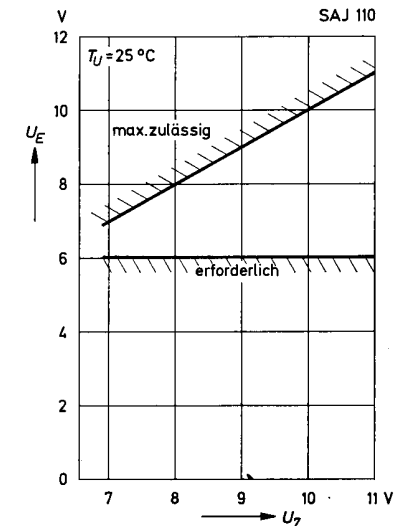


Bild 7: Eingangskennlinie

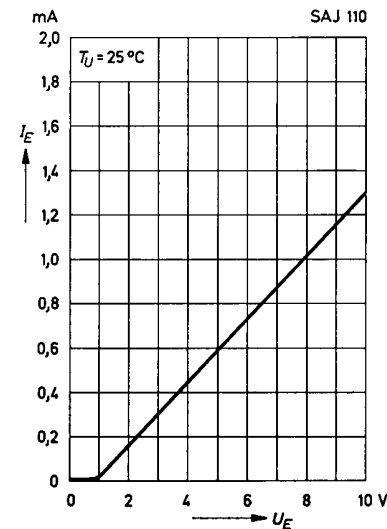
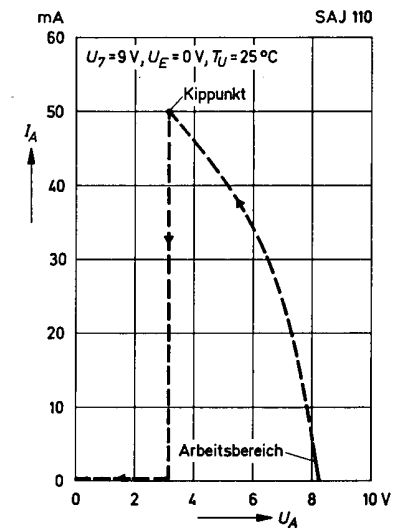


Bild 8: Ausgangskennlinie



Vierfach-Orgeloszillator

Die monolithisch integrierte Schaltung enthält in einem Gehäuse vier RC-Oszillatoren und ist bestimmt zum Einsatz in elektronischen Orgeln. Drei integrierte Schaltungen TCA 430-N ergeben die zwölf Mutteroszillatoren der höchsten Oktave. Die symmetrischen Rechteck-Ausgangssignale der Oszillatoren sind geeignet zum Ansteuern der integrierten Frequenzteiler SAJ 110, durch die man die tieferen Oktaven gewinnt.

Der TCA 430-N ist thermisch neutral, d. h. der IC selbst verursacht keine Temperaturabhängigkeit der Oszillatorfrequenz, sondern die Frequenzkonstanz hängt nur vom Temperaturkoeffizienten der frequenzbestimmenden RC-Glieder ab. Über den Vibrato-Eingang Anschluß 4 läßt sich für alle Oszillatoren gemeinsam ein Vibrato-Effekt erzeugen.

Der TCA 430-N ist der Nachfolgetyp des TCA 430 und unterscheidet sich von diesem durch die geänderte Anschlußkonfiguration. Die Anschlüsse 5 und 8 sind vertauscht.

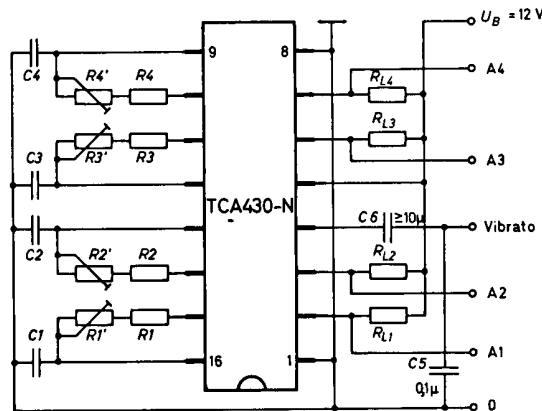
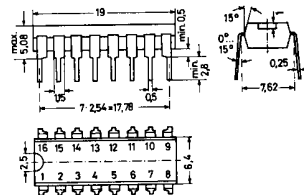


Bild 1: Betriebsschaltung des TCA 430-N

Bild 2: TCA 430-N im Dual-in-Line-Kunststoffgehäuse SOT-38 20 A 16 nach DIN 41 866 Gewicht ca. 1,2 g Maße in mm



Alle Spannungsangaben sind bezogen auf Anschluß 1.

Grenzwerte

| | | | |
|---|----------------------|--------------|----|
| Versorgungsspannung | U_B | 15 | V |
| Ausgangsstrom | I_2, I_3, I_6, I_7 | 7,5 | mA |
| Vibratospannung, Spitze-Spitze (Anschluß 4 muß über einen Kondensator angesteuert werden) | U_{4ss} | 6 | V |
| Umgebungstemperaturbereich | T_U | -10 ... +60 | °C |
| Lagerungstemperaturbereich | T_S | -30 ... +125 | °C |

Empfohlene Betriebswerte

| | | | |
|---|-----------------------|---------------|----|
| Versorgungsspannung | U_B | 12 (> 9) | V |
| Lastwiderstände | $R_{L1} \dots R_{L4}$ | 3,3 (> 2) | kΩ |
| frequenzbestimmende Widerstände (Metallschichtwiderstände mit einem Temperaturkoeffizienten $\leq 50 \cdot 10^{-6}/K$) | $R_1 \dots R_4$ | 5 ... 50 | kΩ |
| frequenzbestimmende Kondensatoren (MKC-Polykarbonatfolien-Kondensatoren) | $C_1 \dots C_4$ | < 1 | μF |
| Oszillatorfrequenz | f_o | 20 ... 30 000 | Hz |

Kennwerte

bei $U_B = 12 V$, $R_{L1} \dots R_{L4} = 3,3 k\Omega$, $T_U = 25^\circ C$

| | | | |
|---|------------------|--|----|
| Stromaufnahme | I_5 | 22 | mA |
| Ausgangsspannung „L“-Zustand | U_{AL} | < 0,5 | V |
| Ausgangsspannung „H“-Zustand | U_{AH} | U_B | |
| Tastverhältnis der Rechteck-Ausgangsspannung | ν | 0,5 | |
| Oszillatorfrequenz | f_o | $\frac{865}{R/k\Omega \cdot C/\mu F}$ | Hz |
| Eingangswiderstand der Vibratoschaltung | $r_{4/1}$ | 4 | kΩ |
| Steilheit der Vibratoschaltung | | Für ein Vibrato von \pm einem Halbton wird an Anschluß 4 eine Spannung von 1,7 V Spitze-Spitze benötigt. | |
| Änderung der Oszillatorfrequenz im Versorgungsspannungsbereich $U_B = 12 V \pm 3 V$ | $\Delta f_o/f_o$ | $\pm 0,5$ | % |

Orgelgatter

Monolithisch integrierte Schaltung in Bipolartechnik, vorzugsweise geeignet zum Einsatz in elektronischen Orgeln. Sie enthält zwölf Transistoren, die jeweils einen mechanischen Tastenkontakt ersetzen. Dadurch wird es möglich, die Anzahl der mechanischen Kontakte (bei herkömmlichen Orgeln bis zu zehn Kontakte pro Taste) auf einen einzigen Kontakt pro Taste zu reduzieren.

In jeden der zwölf Emitter kann ein Tonsignal als Strom eingespeist werden. Die Summe dieser Tonsignale steht dann am gemeinsamen Kollektor (Anschluß 14) zur Verfügung.

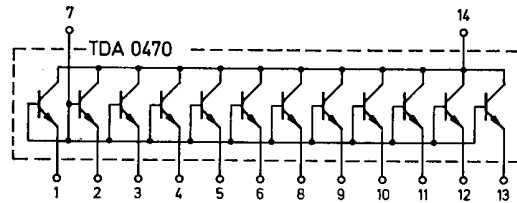
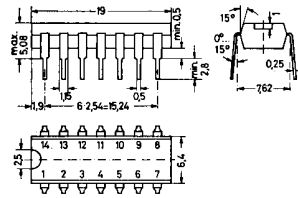


Bild 1: Innenschaltung des TDA 0470

Bild 2:
TDA 0470 im Dual-in-Line-Kunststoffgehäuse TO-116 (Dil) 20 A 14 nach DIN 41 866
Gewicht ca. 1,1 g Maße in mm



Grenzwerte

| | | | |
|--|-----------|-------------|------------------|
| Kollektorstrom | I_{14} | 25 | mA |
| Emitterstrom (je Emitter) | I_E | -5 | mA |
| Basisstrom | I_B | 25 | mA |
| Kollektor-Emitter-Spannung | U_{CE0} | 22 | V |
| Verlustleistung insgesamt bei $T_U = 60^\circ\text{C}$ | P_{tot} | 250 | mW |
| Umgebungstemperaturbereich | T_U | -10 ... +60 | $^\circ\text{C}$ |

Kennwerte eines Transistors bei $T_U = 25^\circ\text{C}$

| | | | |
|---|-------------|-------|----|
| Kollektor-Basis-Stromverhältnis bei $U_{CE} = 2\text{ V}$, $I_C = 1\text{ mA}$ | B | > 40 | |
| Kollektor-Sättigungsspannung bei $I_C = 1\text{ mA}$, $I_B = 0,1\text{ mA}$ | U_{CEsat} | < 0,4 | V |
| Kollektor-Emitter-Reststrom bei $U_{CE} = 15\text{ V}$ | I_{CES} | < 30 | nA |