

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.

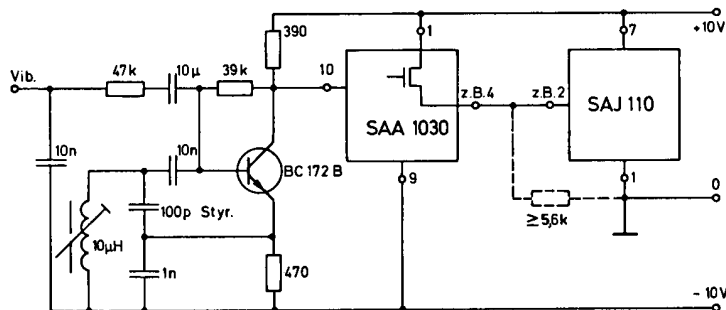
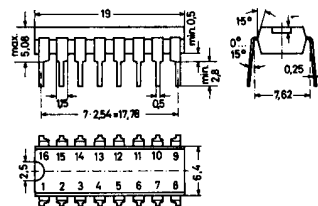


Bild 1: Blockschaltbild des Tongenerator-Teils einer elektronischen Orgel

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

Alle Spannungsangaben sind bezogen auf Anschluß 1.

Grenzwerte

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

Empfohlene Betriebswerte

Drainspannung	$-U_D$	20 (19 ... 21)	V
Taktspannung	$-U_t$	8 (6 ... 10)	V
Tastverhältnis der Taktspannung, siehe Bild 3	t_H/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, $t_H/T_t = 0,5$, $f_t = 4,688\ 64$ 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	$r_{i0/1}$	> 1	MΩ
Eingangskapazität Anschluß 10	$C_{i0/1}$	< 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 $\varnothing$ 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 $\Delta f_t/f_t = 1\%$	U_{vib}	1	V
lineares Verhalten des Vibratoeingangs bis zu	$\Delta f_t/f_t$	4	%
Temperaturkoeffizient der Takt- frequenz im Bereich $T_U = 0 \dots 60^\circ\text{C}$	$\frac{\Delta f_t}{f_t \cdot \Delta T_U}$	10^{-4}	K^{-1}
Abhängigkeit der Taktfrequenz von der Versorgungsspannung	$\frac{\Delta f_t}{f_t \cdot \Delta U_B}$	10^{-3}	V^{-1}

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

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.

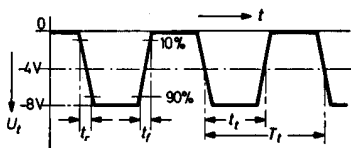


Bild 3: Form des Taktsignals

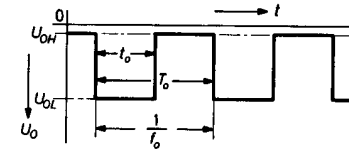


Bild 4: Form des Ausgangssignals. Die Ausgänge sind die Drain-Anschlüsse von Open-Drain-Transistoren. Daher hängt der Zahlenwert U_{OL} davon ab, an welche Spannung der Lastwiderstand angeschlossen ist.

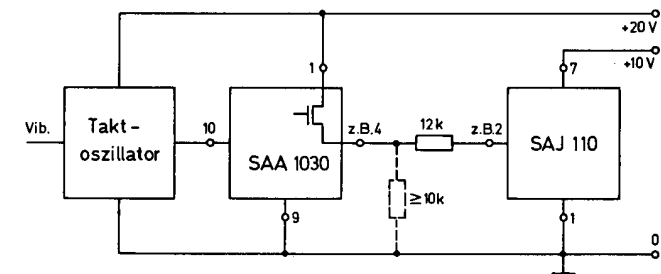


Bild 5: Blockschaltbild des Tongenerator-Teils einer elektronischen Orgel mit zwei gegen Masse positiven Versorgungsspannungen.

Tongenerator für elektronische Orgeln

Monolithisch integrierte LSI-Sonderschaltung in MOS-Technik. Zur Erzeugung der zwölf Töne der höchsten Oktave in elektronischen Orgeln 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.

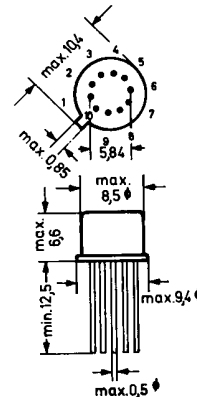
Die Ausgänge A...D des SAH 190 sind vorzugsweise zum direkten Ansteuern des integrierten Frequenzteilers SAJ 110 bestimmt, siehe Bild 3. Zusätzlich darf eine weitere Last mit einem Widerstand $> 10\text{ k}\Omega$ angeschlossen werden. Das Ausgangssignal hat Rechteckform mit einem Tastverhältnis 0,5. 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	$-30 \dots +0,3$	V
Drainspannung	U_3	$-30 \dots +0,3$	V
Ausgangsströme	I_4, I_5	-5	mA
	I_6, I_7	-5	mA
Lagerungstemperaturbereich	T_S	$-20 \dots +80$	$^{\circ}\text{C}$

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_a	< 500	Ω
Drainstrom	I_D	-5	mA

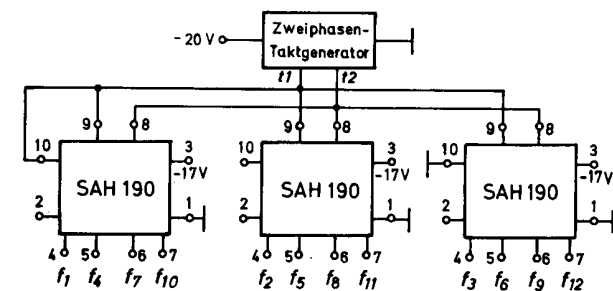
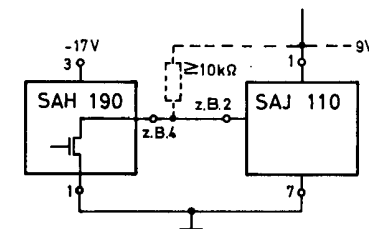
Teilverhältnis, einstellbar mit Hilfe des Anschlusses Option II:

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 Zwölftongenerators mit drei SAH 190**Bild 3:** Zusammenschaltung von SAH 190 und SAJ 110

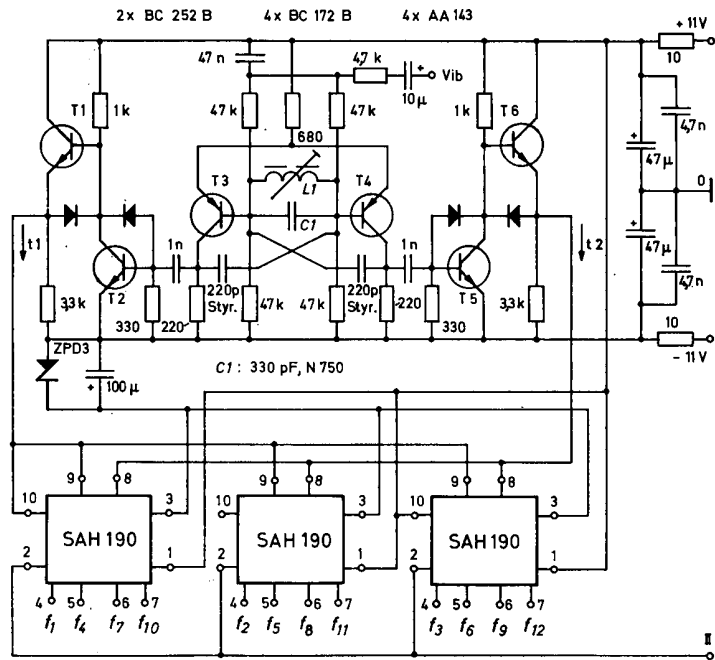


Bild 4: Zweiphasen-Taktgenerator $f = 1,2 \text{ MHz}$ für Tongenerator SAH 190

Siebenstufiger Frequenzteiler

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

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 Orgeln 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

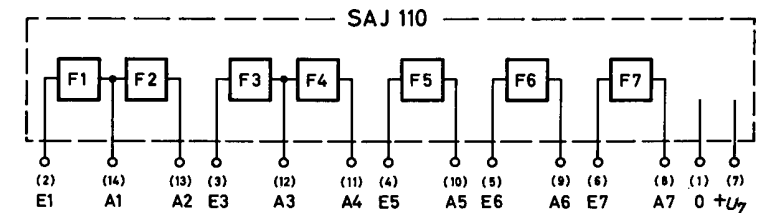
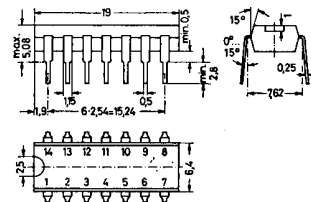


Bild 2: Blockschaltbild des SAJ 110
Die Zahlen in Klammern sind die Anschlußnummern des Maßbilds.

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.

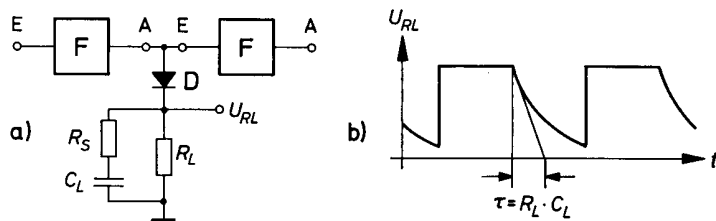


Bild 3: Verformung der Rechteck-Ausgangsspannung mit Hilfe von RC-Gliedern

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

Bei Einsatz in Zähschaltungen 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.

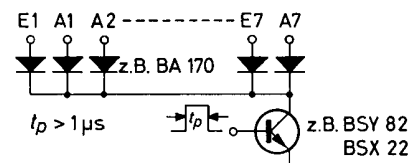


Bild 4: vorgeschlagene Rückstellschaltung für Zählenwendungen

Bild 5: Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung

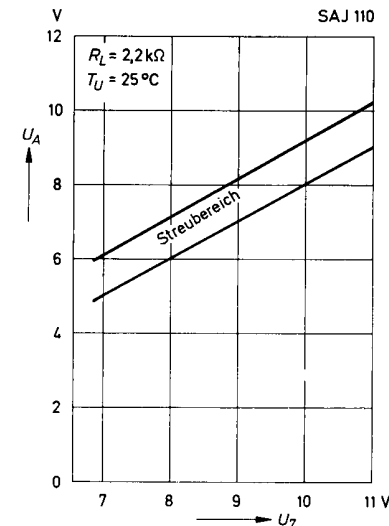


Bild 6: zulässige Streugrenzen für die Eingangsimpulse („H“-Zustand) in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung

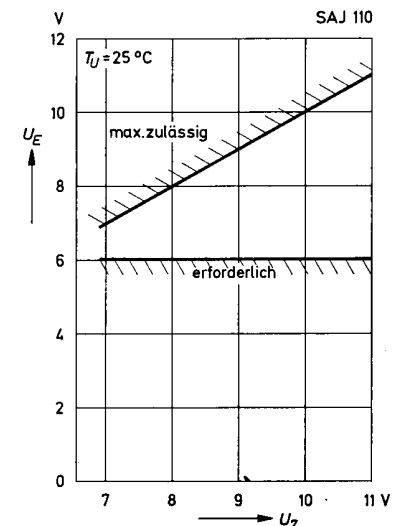


Bild 7: Eingangskennlinie

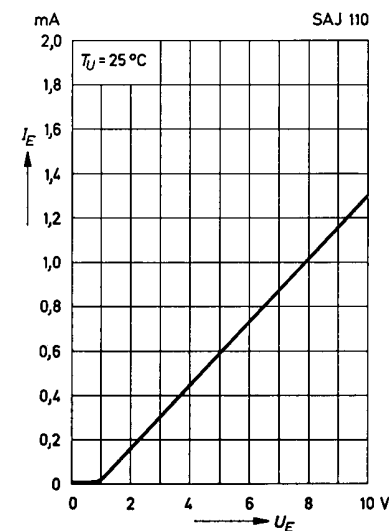
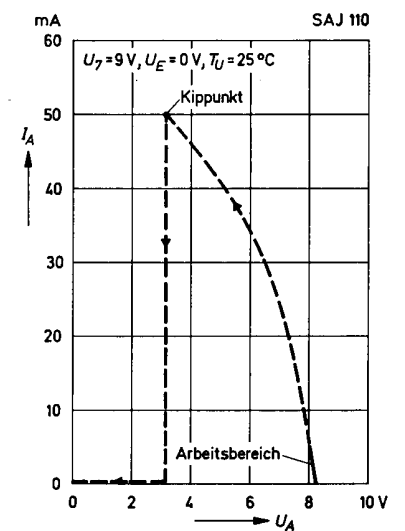


Bild 8: Ausgangskennlinie



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.

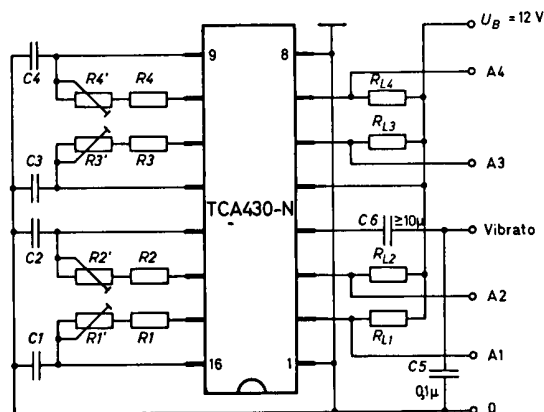
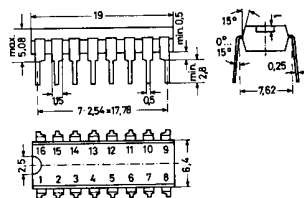


Bild 1: Betriebsschaltung des TCA 430-N

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	$-10 \dots +60$	$^{\circ}\text{C}$
Lagerungstemperaturbereich	T_S	$-30 \dots +125$	$^{\circ}\text{C}$

Empfohlene Betriebswerte

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

Kennwerte

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

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	$\frac{865}{R/\text{k}\Omega \cdot C/\mu\text{F}}$	Hz
Eingangswiderstand der Vibratoschaltung	$r_{4/1}$	4	k Ω
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 $U_B = 12 \text{ V} \pm 3 \text{ V}$	$\Delta f_o/f_o$	$\pm 0,5$	$\%$

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.

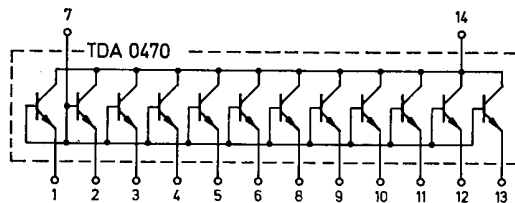
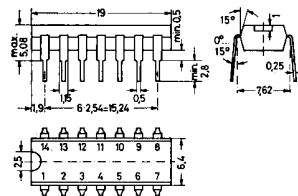


Bild 1: Innenschaltung des TDA 0470

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_7	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