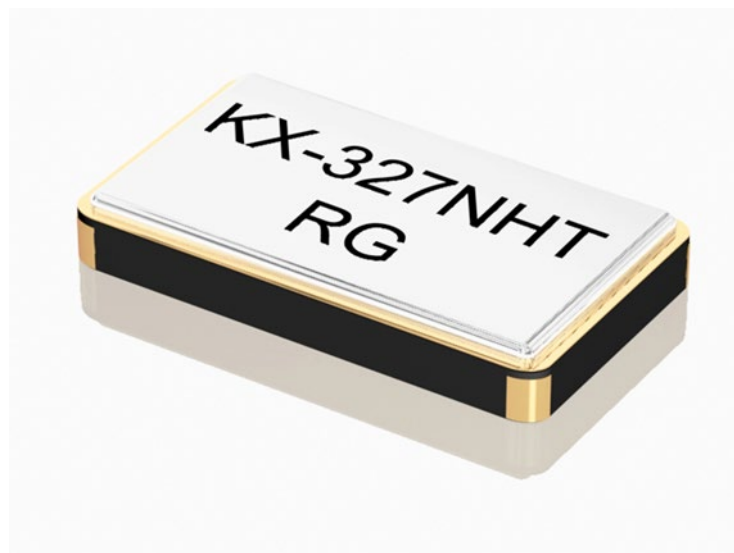


# 32kHz Design für Low Power Anwendungen



## Reduzierung des Leistungsverbrauches in 32kHz Quarz-Oszillator Schaltungen

### Einleitung

Das Ziel dieser Untersuchung ist es die Vorteile von 32kHz-Uhrenquarzen mit reduziertem  $C_L$  und niedrigem ESR gegenüber herkömmlichen 32kHz-Quarzen im Hinblick auf Stromverbrauch, Anschwingreserve, Anschwingzeit und Quarzbelastung aufzuzeigen.

Die folgende Ausarbeitung bestätigt den Vorteil bei Verwendung der Quarze KX-327NHT von Geyer electronic mit einer Lastkapazität von 7pF anstelle von 12,5pF.

Artikelnummer 12.87153	7pF	+/-20ppm	$\leq 80k\ \Omega$ , 50k $\Omega$ typ.
Artikelnummer 12.87148	7pF	+/-20ppm	$\leq 50k\ \Omega$ , 35k $\Omega$ typ.

- deutlich reduzierter Stromverbrauch
- verbesserte Anschwingreserve
- kürzere Anschwingzeit
- sichere Funktion bei reduzierter Quarzbelastung

1. Reduzierung des Stromverbrauches in CMOS Oszillatorschaltungen
2. Zusammenhang von  $C_L$  und Stromverbrauch in der Oszillatorschaltung
3. Zusammenhang von negativem Widerstand (Anschwingreserve) und  $C_L$
4. Zusammenhang von Stromaufnahme der Oszillatorschaltung und  $R_1$  (ESR)
5. weiterer Vorteil von niedrigem  $C_L$  (Anschwingzeit)
6. weiterer Vorteil von niedrigem  $C_L$  (Quarzbelastung)
7. Genauigkeit vs. Leistungsverbrauch

Anhang: Schaltungsverifikation

### **1. Reduzierung des Stromverbrauches in CMOS Oszillatorschaltungen**

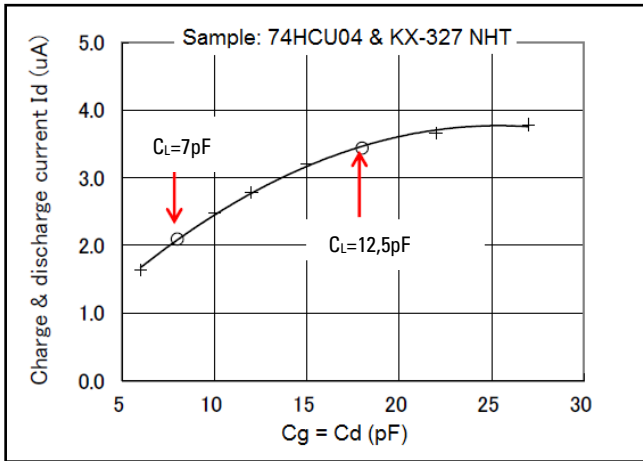
Der Stromverbrauch eines Quarzoszillators hängt ab von Betriebsspannung ( $V_{DD}$ ), Frequenz, Lastkapazität, und  $R_1$  (ESR) des Quarzes.

\* Stromaufnahme der Oszillatorschaltung

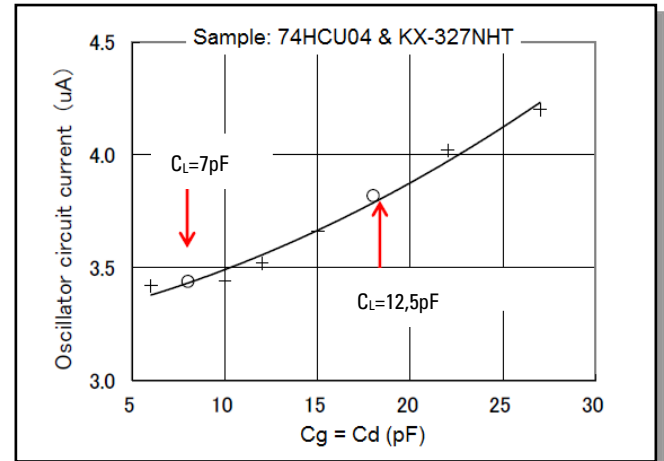
- |                                 |   |                 |
|---------------------------------|---|-----------------|
| 1. Laden und Entladen des $C_L$ | » | niedriger $C_L$ |
| 2. Stromfluß                    | » | niedriger $R_1$ |

\* niedriger  $C_L$  und niedriger  $R_1$  des Schwingquarzes ermöglichen die Verringerung der Leistungsaufnahme der Oszillatorschaltung

## 2. Zusammenhang von $C_L$ und Stromaufnahme der Oszillatorschaltung



Lade- und Entladestrom  
ID (Berechnung)



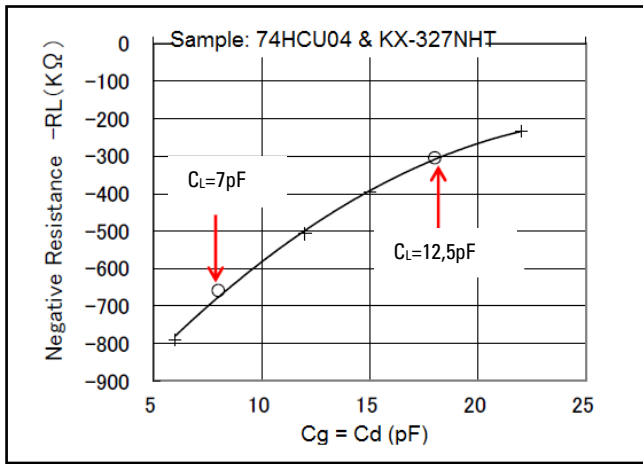
Strom durch die Oszillatorschaltung  
(Messung)

$$I_d = \frac{V_d}{1/(2\pi f)C_d} = (2\pi f)V_d C_d$$

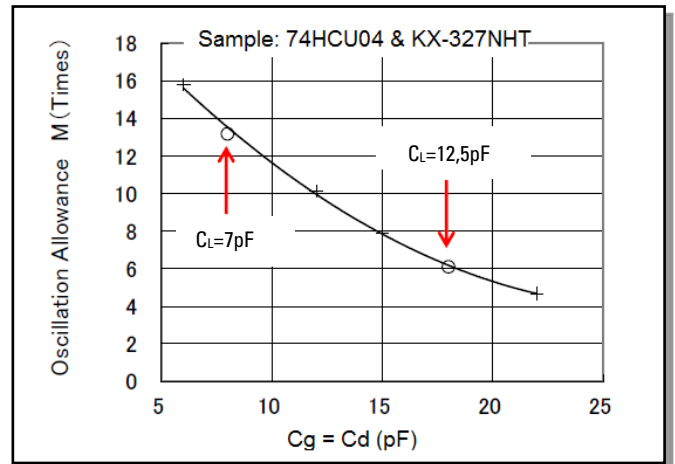
\* Lade- und Entladestrom bei  $C_L=7\text{pF}$  ist 40% niedriger als bei  $12,5\text{pF}$ .

\* Die Messungen beinhalten den Strom durch den Inverter-IC.  
Rechnet man diesen heraus, so ergeben die berechneten Werte näherungsweise die tatsächliche Verringerung des Stromverbrauches.

### 3. Zusammenhang von negativem Widerstand (Anschwingreserve) und $C_L$



negativer Widerstand  $-R_L$  (KΩ)

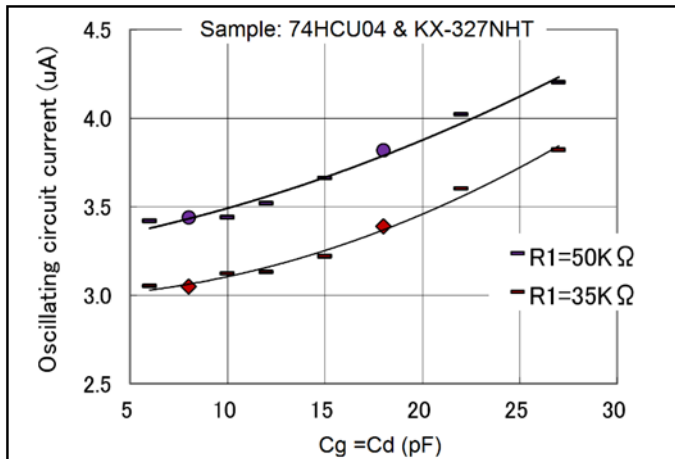


Anschwingreserve M (Vielfache)

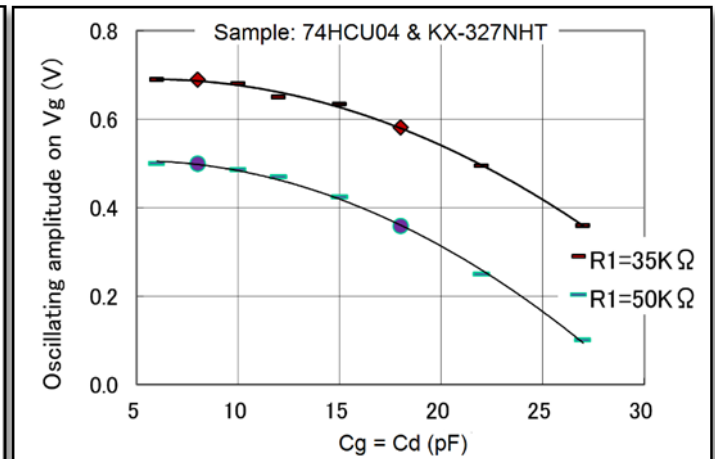
$$-R_L = \frac{-g_m}{(2\pi f)^2 C_g C_d}$$

Verringerung von  $g_m$  und  $V_{DD}$  verringert den Stromverbrauch des ICs und Anschwingreserve. Der niedrige  $C_L$  des Quarzes hebt die Verringerung der Anschwingreserve auf.

#### 4. Zusammenhang von Stromaufnahme der Oszillatorschaltung und $R_1$ (ESR)



Strom der Oszillatorschaltung  
(Messungen)



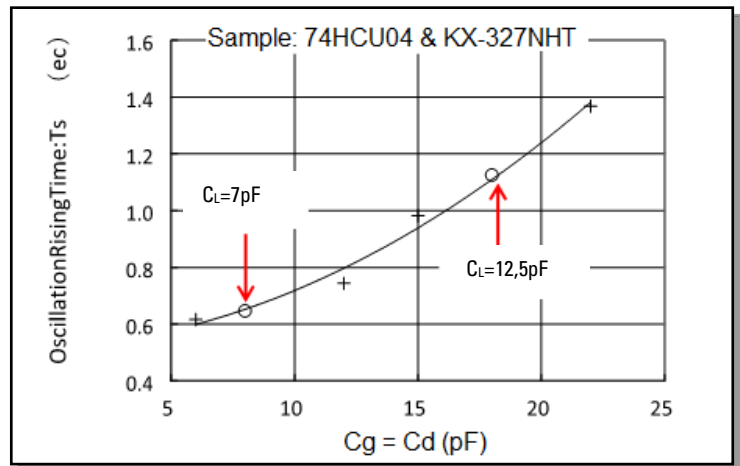
Oszillator Amplitude an  $C_g$  (V)

\* Der Stromverbrauch einer Oszillatorschaltung basierend auf einem 74HCU04 kann aufgrund des  $R_1$  um ca. 10% verringert werden.

\* Höherer  $R_1$  = geringere Amplitude an  $C_g$  = höherer Strom durch die Oszillatorschaltung

## 5. Ein weiterer Vorteil eines niedrigen $C_L$ (Anschwingzeit)

Niedriger  $C_L$  ergibt einen höheren negativen Widerstand.  
Die Anschwingzeit ist bei niedrigem  $C_L$  kürzer.

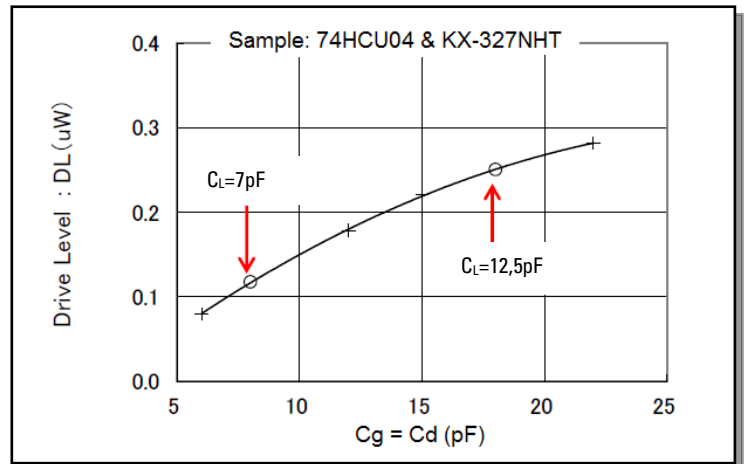


## 6. Ein weiterer Vorteil eines niedrigen $C_L$ (Drive Level - Quarzbelastung)

$$D_L = I_2 \times R_e$$

$$I = V_g / (1/\omega C)$$

$$R_e = R_1 \times (1 + C_o/C_L)^2$$

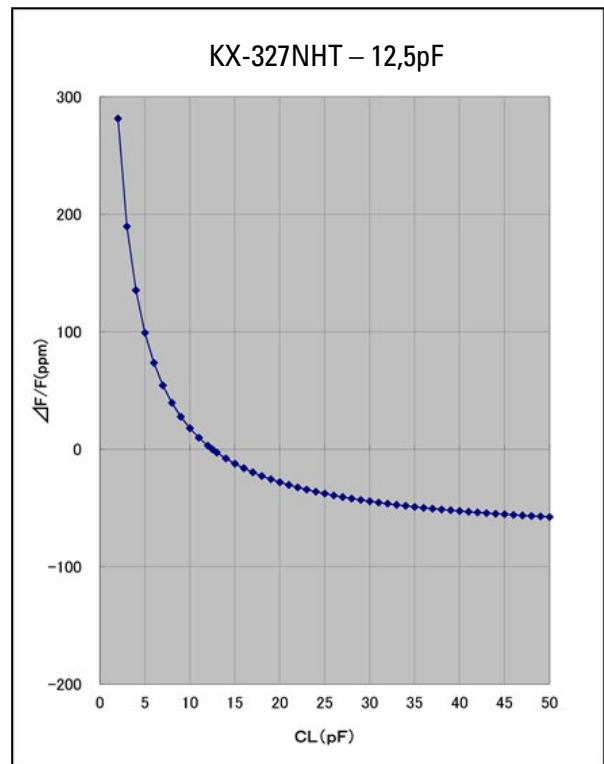
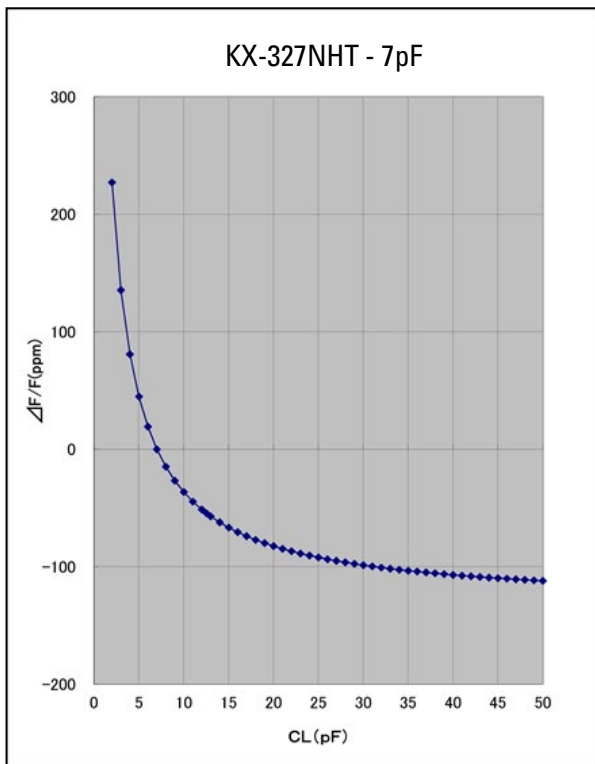


Ein niedriger  $C_L$  reduziert den Strom durch den Quarz und verringert den Drive Level. Ein zu großer Drive Level macht die Eigenschaften des Stimmgabelquarzes instabil.

## 7. Genauigkeit vs. Leistungsverbrauch

Während ein Quarz mit einer niedrigen Lastkapazität  $C_L = 7\text{pF}$  einen niedrigen Leistungsverbrauch ermöglicht, ist für hohe Genauigkeit ein Quarz mit einer höheren Lastkapazität  $C_L = 12,5\text{pF}$  vorteilhafter.

Wie man im Diagramm sehen kann, ist die Tangente bei Nenn- $C_L$  7pF steiler als bei Nenn- $C_L$  12,5pF. Das bedeutet, dass sich beim 7pF-Quarz allfällige Toleranzen frequenzmäßig stärker auswirken als bei 12,5pF.



So ist eine Abwägung zu treffen zwischen Leistungsverbrauch und Genauigkeit.

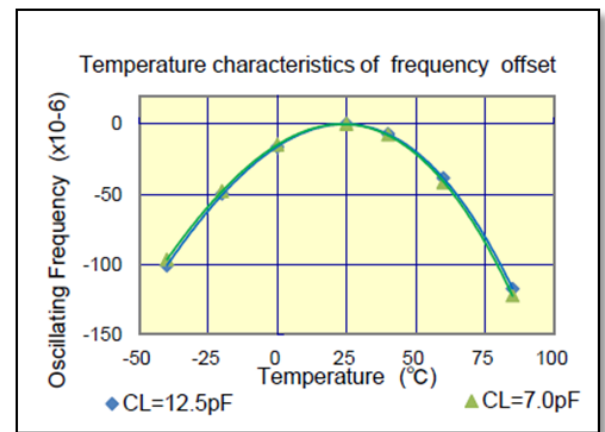
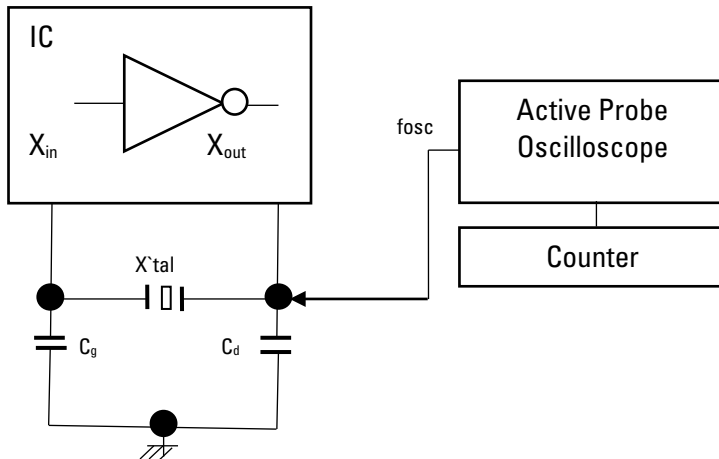


## Anhang: Schaltungsbefundung

### Ergebnis einer Schaltungsbefundung

Dies ist ein Beispiel einer Schaltungsbefundung für Kunden.

### Unser Quarz: KX-327NHT



Tafel 1. Schaltung

	A	B		
<b>Spezifikation</b>	<b>C<sub>L</sub> 12,5pF</b>	<b>C<sub>L</sub> 7pF</b>	<b>Einheit</b>	<b>Bemerkungen</b>
V <sub>DD</sub> : V	3,3	3,3		
Kapazität am Eingang: C <sub>g</sub>	20	6	pF	optimale Kapazitäten für C <sub>L</sub>
Kapazität am Ausgang: C <sub>d</sub>	20	6	pF	

Tafel 2. Daten

Gegenstand	C <sub>L</sub> 12,5pF	C <sub>L</sub> 7pF	Einheit	Bemerkungen
Genauigkeit: f/F <sub>0</sub> $\Delta$	2,50	1,19	$\times 10^{-6}$	Frequenzversatz bei Nennspannung V <sub>DD</sub>
Spannungsschwankung: +/-df/V	-	0,00	$\times 10^{-6}$	V <sub>DD</sub> +/-10% (Spannungsbereich)
Drive Level: D <sub>L</sub>	0,01	0,01	μW	D <sub>L</sub> =Ix2 R <sub>e</sub> < 1x10 <sup>-6</sup> W, R <sub>e</sub> =R <sub>1</sub> (1+C <sub>o</sub> /C <sub>L</sub> ) <sup>2</sup>
Negativer Widerstand: I -R <sub>L</sub> I	-665	-1063	kOhm	5x größer als R <sub>1</sub> MAX;
Anschwingsicherheit: M	9,5	15,2	Times	Bewertungsstandard für Anschwingsicherheit
Startspannung	-	1,43	V	
Stoppspannung	-	1,36	V	