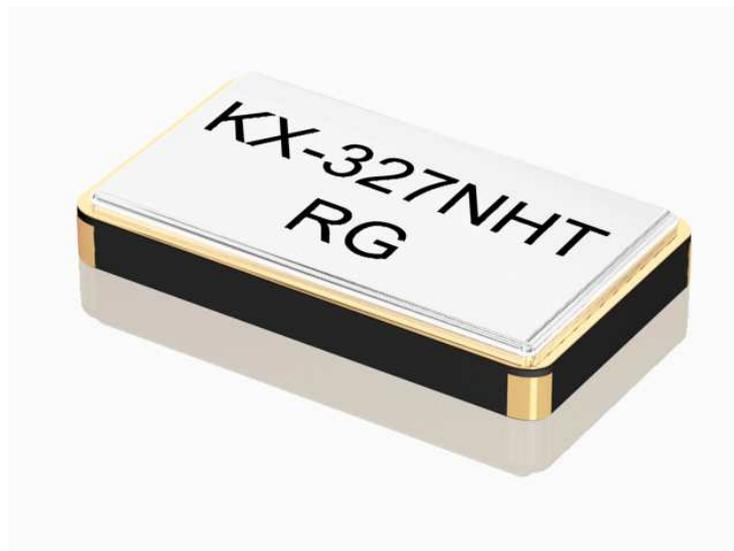


# 32kHz Design für Low Power Anwendungen



## 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

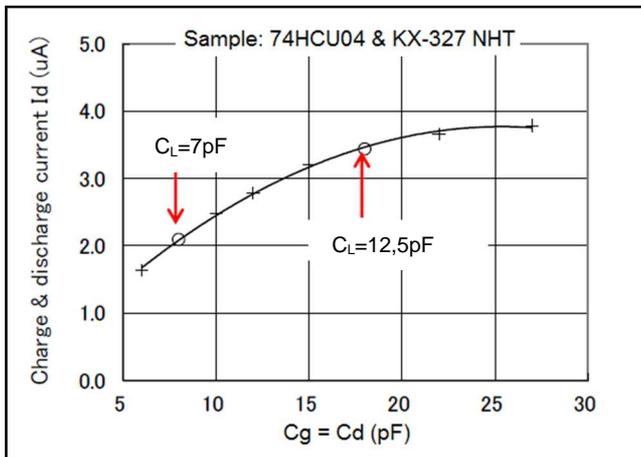
Anhang: Datenblätter – Artikelnummer 12.87153, 12.87148 und 12.87150

### 1. Reduzierung des Stromverbrauches in CMOS Oszillatorschaltungen

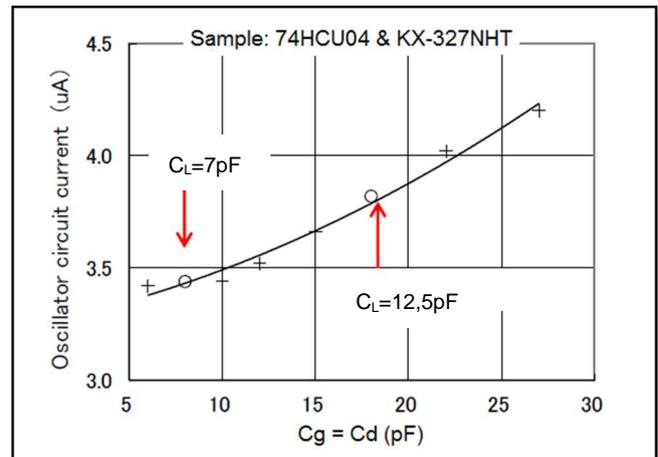
Der Stromverbrauch eines Quarzoszillators hängt ab von Betriebsspannung ( $V_{DD}$ ), Frequenz, Lastkapazität, und  $R_1$  (ESR) des Quarzes.

- 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)

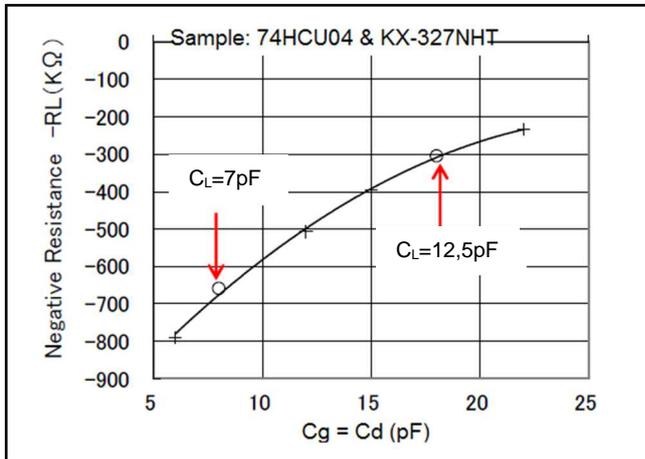


Strom durch die Oszillatorschaltung  
(Messung)

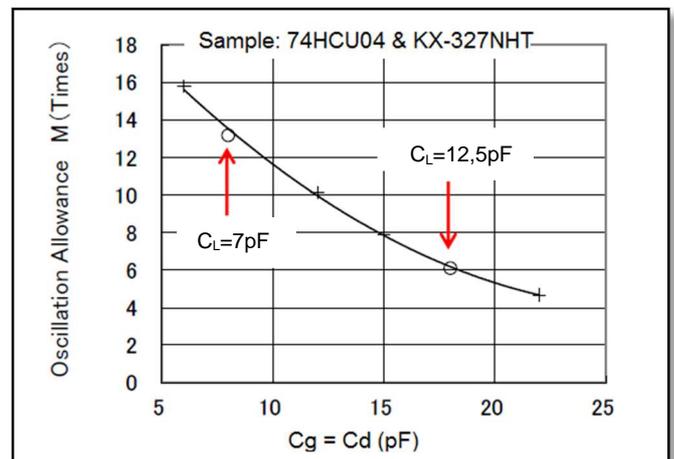
$$I_d = \frac{V_d}{1/(2\pi f)C_d} = (2\pi f)V_d C_d$$

- 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)

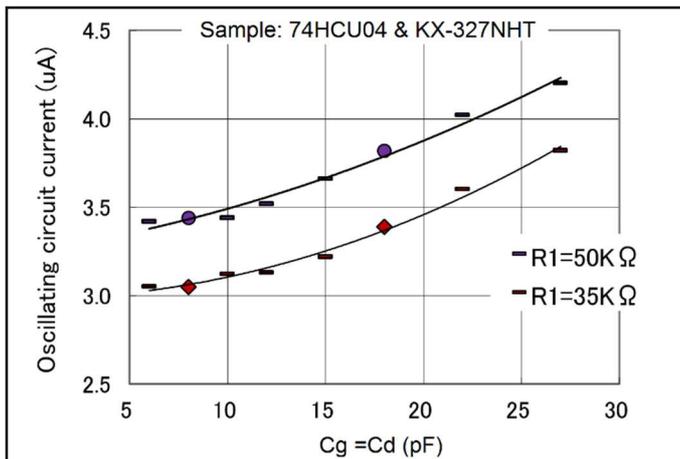


Anschwingreserve M (Vielfache)

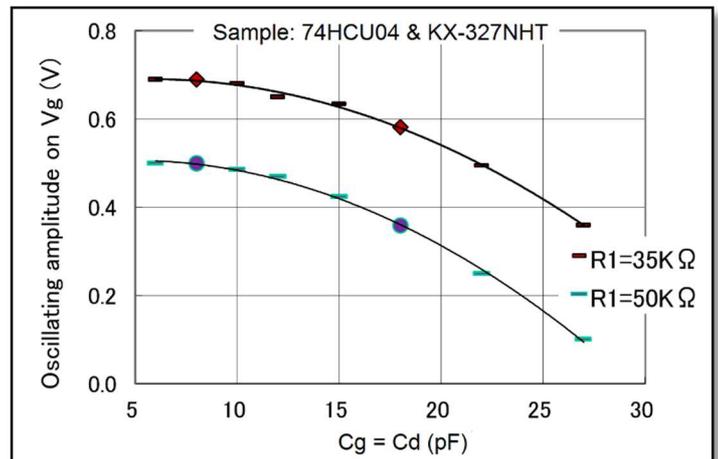
$$-R_L = \frac{-g_m}{(2\pi f)^2 C_g C_d}$$

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 R1 (ESR)



Strom der Oszillatorschaltung  
(Messungen)

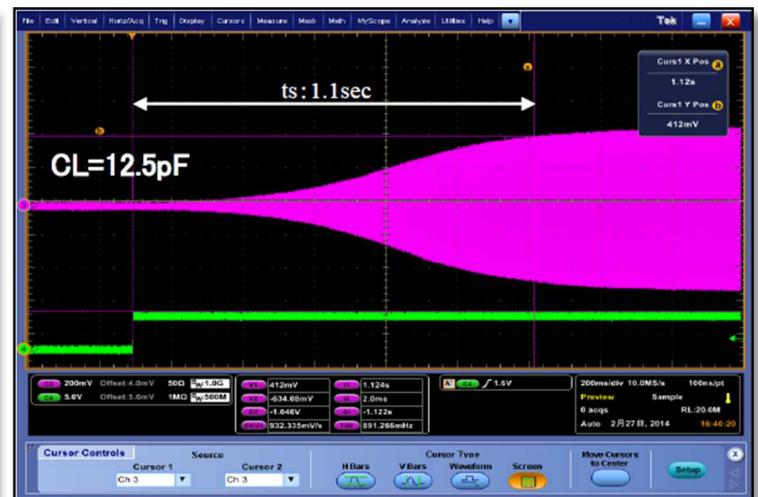
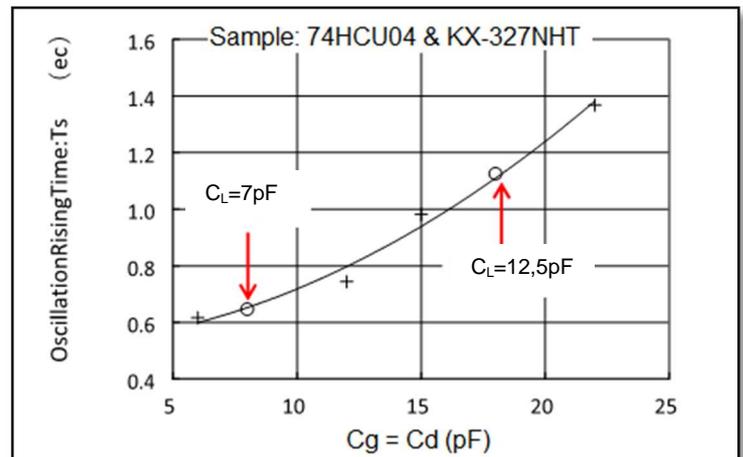


Oszillator Amplitude an Cg (V)

- Der Stromverbrauch einer Oszillatorschaltung basierend auf einem 74HCU04 kann aufgrund des R1 um ca. 10% verringert werden.
- Höherer R1 = geringere Amplitude an Cg = 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.

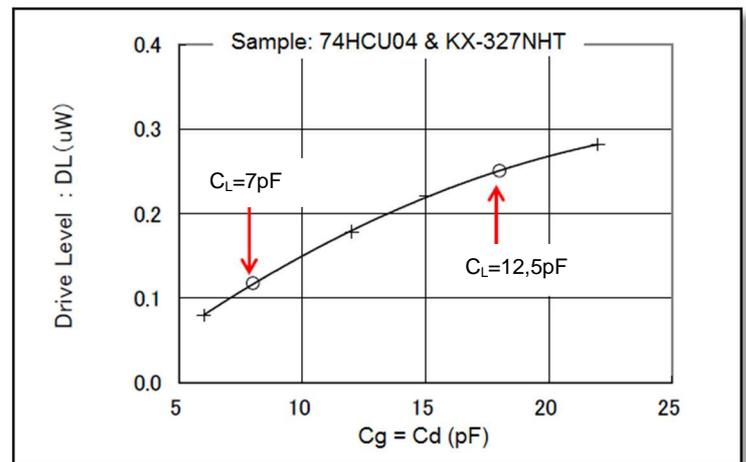


## 6. Ein weiterer Vorteil eines niedrigen $C_L$ (Drive Level - Quarzbelastung)

$$DL = I^2 \times Re$$

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

$$Re = R1 \times (1 + Co/C_L)^2$$

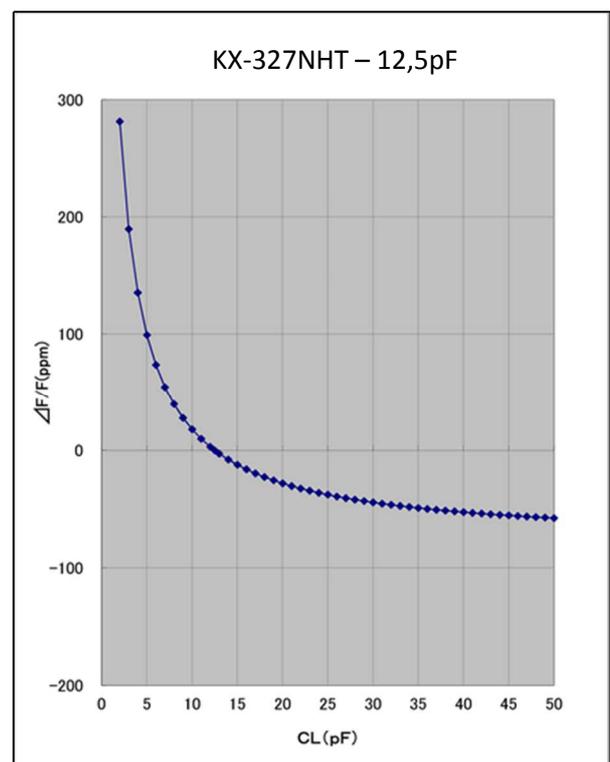
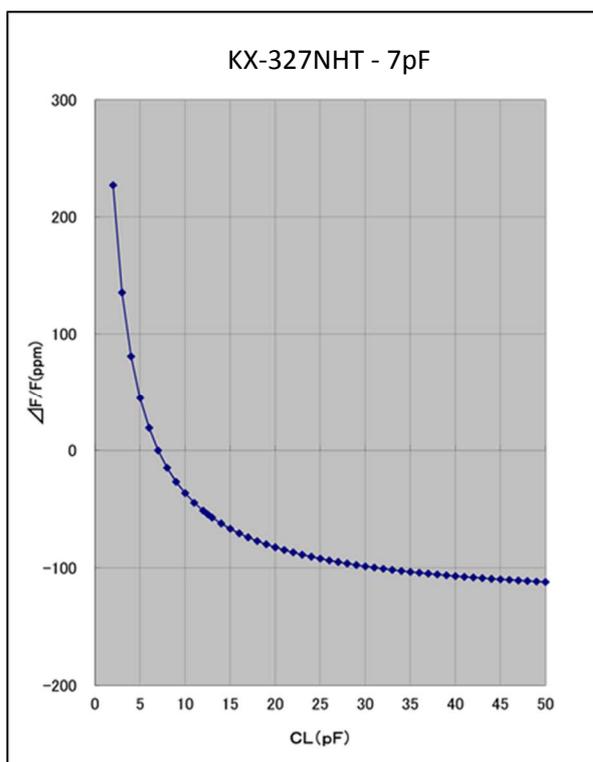


Ein niedriger  $C_L$  reduziert den Strom durch den Quarz und verringert den Drive Level.  
Ein zu großer Drive Level macht die Eigenschaften des Stimmgabelquarzes instabil.

## 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.



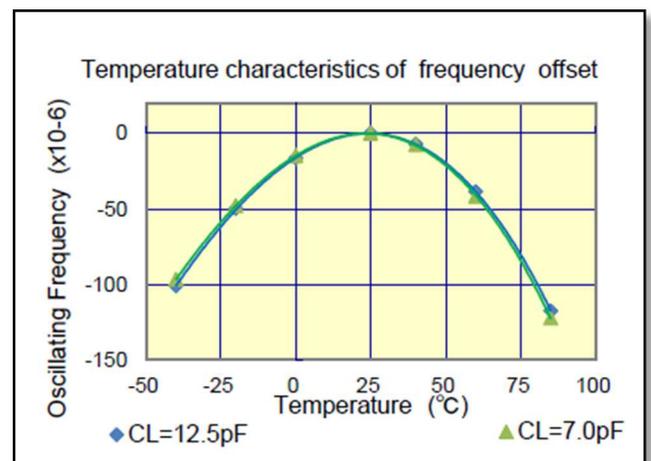
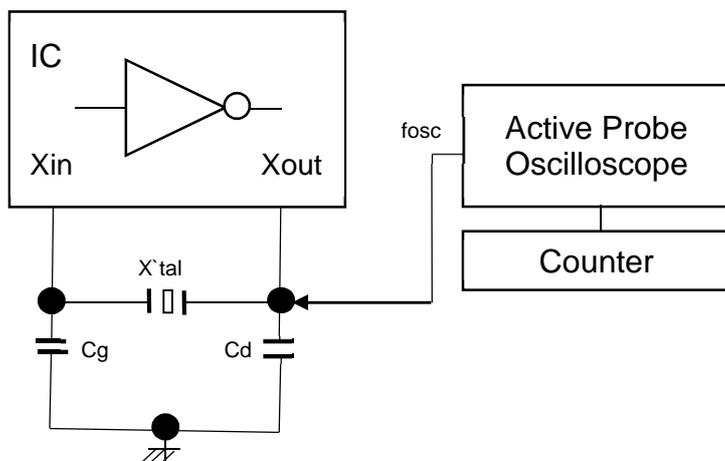
So ist eine Abwägung zu treffen zwischen Leistungsverbrauch und Genauigkeit.

## Anhang: Schaltungsbefundung

### Ergebnis einer Schaltungsbefundung

Dies ist ein Beispiel einer Schaltungsbefundung für Kunden.

### Unser Quarz: KX-327NHT



Tafel 1. Schaltung

	A	B		
Spezifikation	C <sub>L</sub> 12,5pF	C <sub>L</sub> 7pF	Einheit	Bemerkungen
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	x10 <sup>-6</sup>	Frequenzversatz bei Nennspannung V <sub>DD</sub>
Spannungsschwankung : +/-df/V	-	0,00	x10 <sup>-6</sup>	V <sub>DD</sub> +/-10% (Spannungsbereich)
Drive Level : DL	0,01	0,01	μW	DL=Ix2 Re < 1x10 <sup>-6</sup> W, Re=R1 (1+Co/ C <sub>L</sub> ) <sup>2</sup>
Negativer Widerstand :   -RL	-665	-1063	kOhm	5x größer als R1MAX; Bewertungsstandard für Anschwingsicherheit
Anschwingsicherheit : M	9,5	15,2	Times	
Startspannung	-	1,43	V	
Stoppspannung	-	1,36	V	

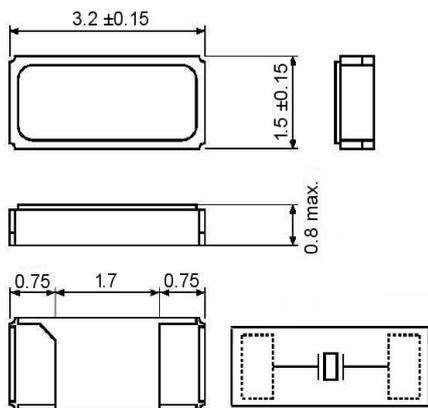


## Quartz Crystal

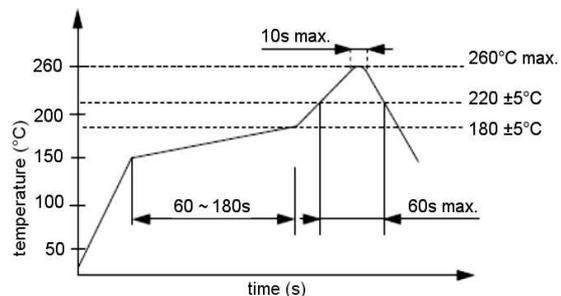
SMD-version

model	KX-327NHT
frequency	32,768 kHz
operating temperature	-40° ~ +85°C
frequency tolerance at +25°C	± 20 ppm
temperature tolerance (parabolic coefficient) at -40° ~ +85°C	-0,035 ppm/°C <sup>2</sup> typ.
turnover temperature	+25°C ± 5°C
storage temperature range	-55°C ~ +125°C
load capacitance C <sub>L</sub>	7pF
motional capacitance (C1)	0,0036 pF, typ.
series resonance R <sub>1</sub> max.	80k Ohm
aging at +25°C (first year) max.	± 3 ppm max.
shunt capacitance C <sub>0</sub>	1,3 pF (1,0 pF typ.)
drive level in µW max.	0,1 typ. (1,0 µW max.)
quality factor (Q)	20000 min.
reflow soldering condition	10 seconds at +260°C max. (2 times max.)
contents of reel	3000 pcs.
part no.	12.87153

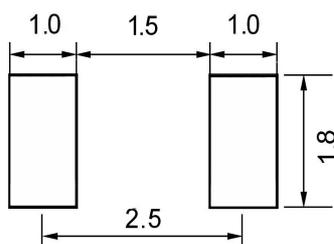
**Dimensions (mm):**



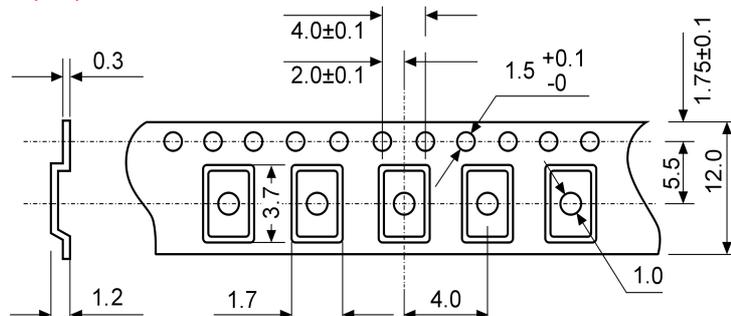
**Reflow soldering condition:**



**Suggested soldering pad:**



**Tape specification:**





# Quartz Crystal

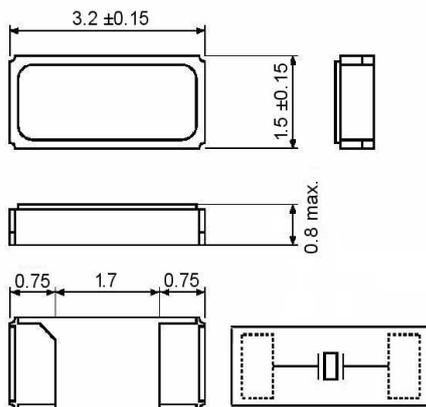
SMD-version

model	KX-327NHT
frequency	32,768 kHz
operating temperature	-40° ~ +85°C
frequency tolerance at +25°C	± 20 ppm
temperature tolerance (parabolic coefficient) at -40° ~ +85°C	-0,035 ppm/°C <sup>2</sup> typ.
turnover temperature	+25°C ± 5°C
storage temperature range	-55°C ~ +125°C
load capacitance C <sub>L</sub>	7 pF
motional capacitance (C1)	0,0036 pF, typ.
series resonance R <sub>1</sub> max.	50k Ohm
aging at +25°C (first year) max.	± 3 ppm
shunt capacitance C <sub>O</sub>	1,3 pF (1,0 pF typ.)
drive level in µW max.	0,1 typ. (1,0 µW max.)
quality factor (Q)	20000 min.
reflow soldering condition	10 seconds at +260°C max. (2 times max.)
contents of reel	3000 pcs.
part no.	12.87148

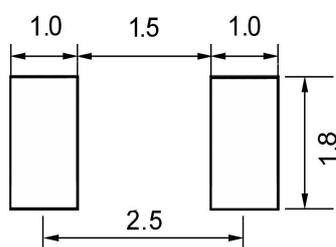
**Remarks:**

- Recommended for ST Microelectronics STM 32 STM 8
- Recommended for Intel 8-series, PCH-LP, C220 series

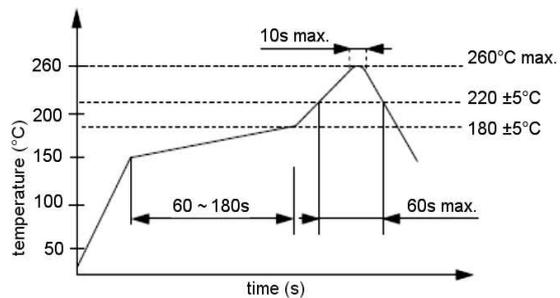
**Dimensions (mm):**



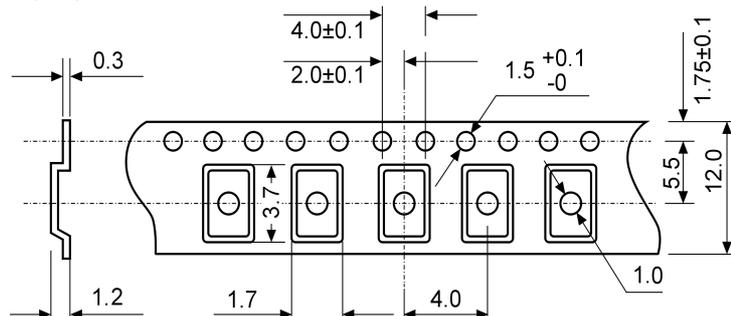
**Suggested soldering pad:**



**Reflow soldering condition:**



**Tape specification:**



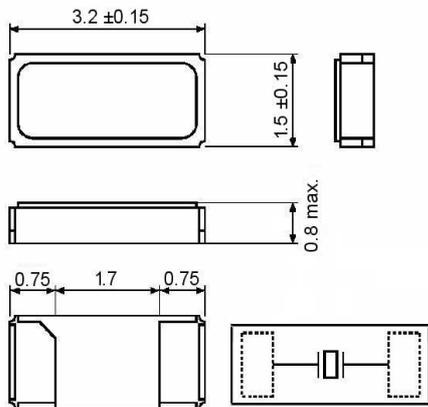


# Quartz Crystal

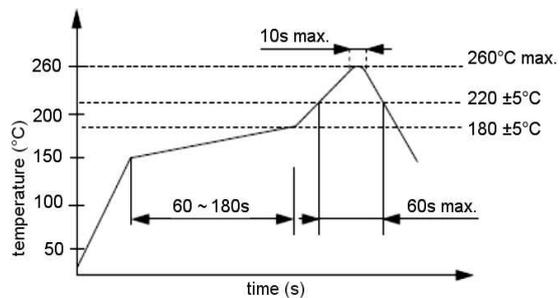
SMD-version

model	KX-327NHT
frequency	32,768 kHz
operating temperature	-40° ~ +85°C
frequency tolerance at +25°C	± 20 ppm
temperature tolerance (parabolic coefficient) at -40° ~ +85°C	-0,035 ppm/°C <sup>2</sup> typ.
turnover temperature	+25°C ± 5°C
storage temperature range	-55°C ~ +125°C
load capacitance C <sub>L</sub>	12,5 pF
motional capacitance (C1)	0,0036 pF, typ.
series resonance R <sub>1</sub> max.	80k Ohm
aging at +25°C (first year) max.	± 3 ppm
shunt capacitance C <sub>O</sub>	1,3 pF (1,0 pF typ.)
drive level in μW max.	0,1 typ. (1,0 μW max.)
quality factor (Q)	20000 min.
reflow soldering condition	10 seconds at +260°C max. (2 times max.)
contents of reel	3000 pcs.
part no.	12.87150

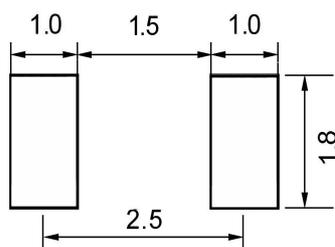
Dimensions (mm):



Reflow soldering condition:



Suggested soldering pad:



Tape specification:

