



## Mikrofon-Nebengeräusch-Unterdrückung MGU100

Dieses interessante Modul basiert auf einer Fernfeld-Rauschunterdrückungstechnologie von National Semiconductor und ermöglicht Mikrofon-Aufzeichnungen in einer mit starken Nebengeräuschen belasteten Umgebung.

Der eingesetzte Baustein arbeitet mit zwei Mikrofonen, liefert eine hervorragende, natürliche Sprachqualität und der Energieverbrauch beträgt nur 1/10 im Vergleich zu DSP-basierten Lösungen. Fernfeldgeräusche können bis zu 20 dB reduziert werden.

### Technische Daten: MGU100

Nebengeräusch-Unterdrückungsverfahren:	analog
Mikrofone:	2x Elektret-Kapsel
Mikrofonabstand:	variabel, 10 bis 25 mm
Fernfeldunterdrückung:	bis 20 dB
Nahfeld:	2 bis 10 cm
Fernfeld:	>50 cm
Ausgang:	symmetrisch, unsymmetrisch, 3,5-mm-Klinke
Mikrofon-Vorverstärker-Ausgang:	3,5-mm-Klinke
Schnittstelle:	I <sup>2</sup> C-Bus
Konfiguration:	Codierstecker und 6fach-DIP-Schalter
Spannungsversorgung:	wahlweise extern 7 V bis 25 V <sub>DC</sub> oder über I <sup>2</sup> C-Bus
Stromaufnahme:	<1,5 mA
Abmessungen Basisplatine:	49 x 38 mm
Abmessungen Mikrofonplatine:	36 x 12 mm

### Allgemeines

Die Fernfeld-Rauschunterdrückungstechnologie basiert darauf, dass Geräusche im Mikrofon-Nahfeld verstärkt und übertragen werden, während entfernte Geräusche, auch bei gleicher oder sogar höherer Lautstärke, am Mikrofon weitestgehend unterdrückt werden. Zur Erfassung der Geräusch-Distanz arbeitet das System mit zwei Mikrofonen in einer sogenannten „End-Fire-Array-Konfiguration“ mit einem Mikrofonabstand von 1,5 bis 2,5 cm. Die zeitkontinuierliche Analogverarbeitung des LMV1089 von National Semiconductor reagiert dabei unmittelbar auf Signale im Nah- und Hintergrundbereich. Geräusche mit einem Abstand von 2 cm bis 10 cm zu den Mikrofonkapseln werden optimal übertragen, während Signale von Geräuschquellen mit einem Abstand von mehr als 50 cm weitestgehend unterdrückt werden. Empfindlichkeits- und Frequenzgangvariationen der beiden eingesetzten Mikrofone werden mit Hilfe einer automatischen Kalibrierschaltung des Verstärkers kompensiert. Dadurch kann auf den Einsatz von teuren, aufeinander abgestimmten Mikrofonsets verzichtet werden und es ist eine flexible Platzierung der Mikrofonkapseln im Endpunkt mög-

lich. Die Abgleichdaten werden chipintern in einem EEPROM dauerhaft gespeichert.

Auf der Internetseite von National Semiconductor steht unter [www.national.com/noisereduction](http://www.national.com/noisereduction) eine „Hörprobe“ zur Verfügung, die eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit dieser Bausteinfamilie demonstriert.

Wichtig ist die korrekte Positionierung der beiden Mikrophonkapseln zum zu übertragenden Audio-Signal (üblicherweise Sprache). Abbildung 1 zeigt die optimale Positionierung (Ausrichtung und Distanz) des zu übertragenden Tonsignals (Sprecher) zu den beiden Mikrofonen.

Der verwendete Baustein des Typs LMV1089 liefert eine ausgezeichnete, natürliche Sprachqualität, setzt einen neuen Standard für geringe Leistungsaufnahme und ermöglicht umfangreiche Anpassungen an die individuellen Einsatzbedingungen. Eine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle ermöglicht die externe Steuerung des Bausteins, z. B. mit Hilfe eines Mikrocontrollers.

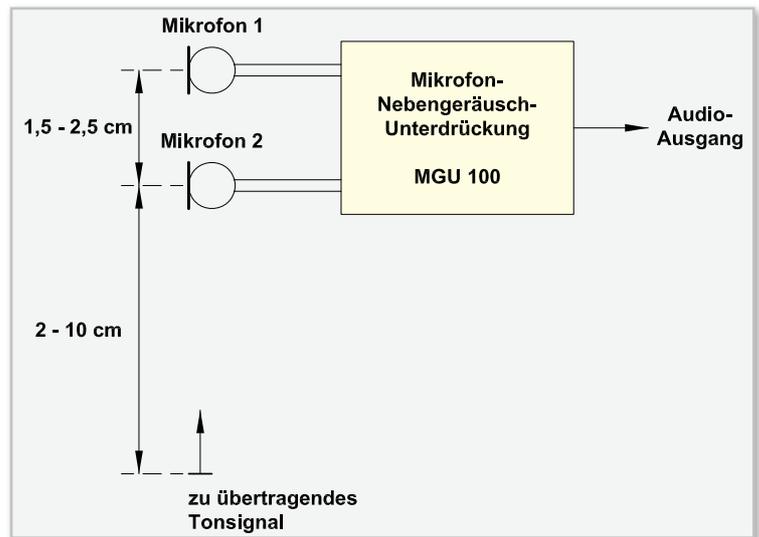


Bild 1: Günstigste Positionierung der beiden Mikrophonkapseln zum Sprecher

### Blockschaltbild

Die internen Stufen des LMV1089 sind im Blockschaltbild (Abbildung 2) dargestellt, das einen ersten grundsätzlichen Überblick über die Funktionsweise der Schaltung erlaubt, und in Abbildung 3 sind alle Anschluss- und Einstellmöglichkeiten der Mikrofon-Nebengeräusch-Unterdrückung dargestellt. Die von den beiden Elektret-Mikrofonen kommenden abgeschirmten Leitungen werden an ST 1 bis ST 6 angeschlossen und die Mikrofonsignale gelangen zuerst auf 2 integrierte Vorverstärker, deren Verstärkung mit Hilfe der DIP-Schalter DIP 3 und DIP 4 entsprechend Tabelle 1 einstellbar

ist. An der Klinkenbuchse BU 2 stehen die Ausgangssignale der beiden Vorverstärker direkt zur Verfügung.

Das von den Nebengeräuschen befreite Ausgangssignal steht an BU 3 zur Verfügung, wobei die Verstärkung des Ausgangsverstärkers ebenfalls einstellbar ist. Tabelle 2 zeigt

GA0	GA1	Verstärkung
0	0	12 dB
1	0	20 dB
0	1	28 dB
1	1	36 dB

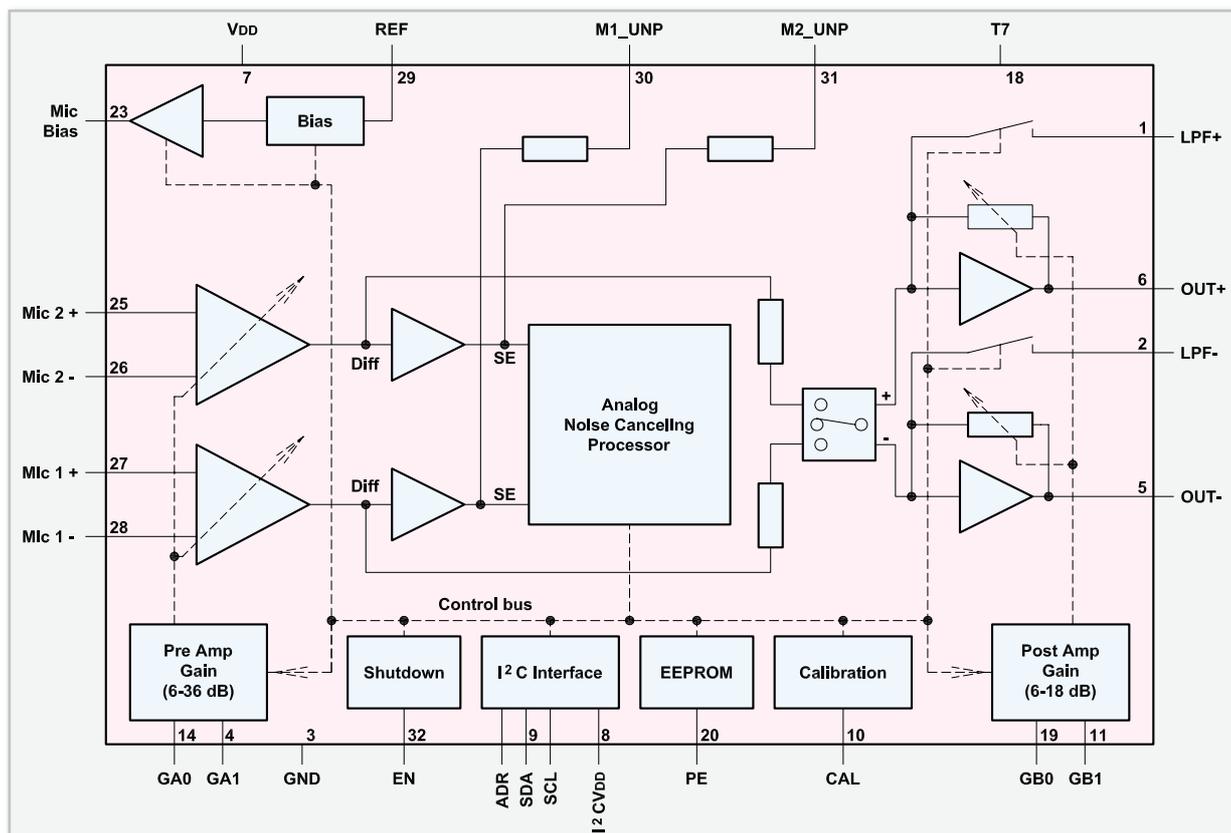


Bild 2: Interne Stufen des LMV1089

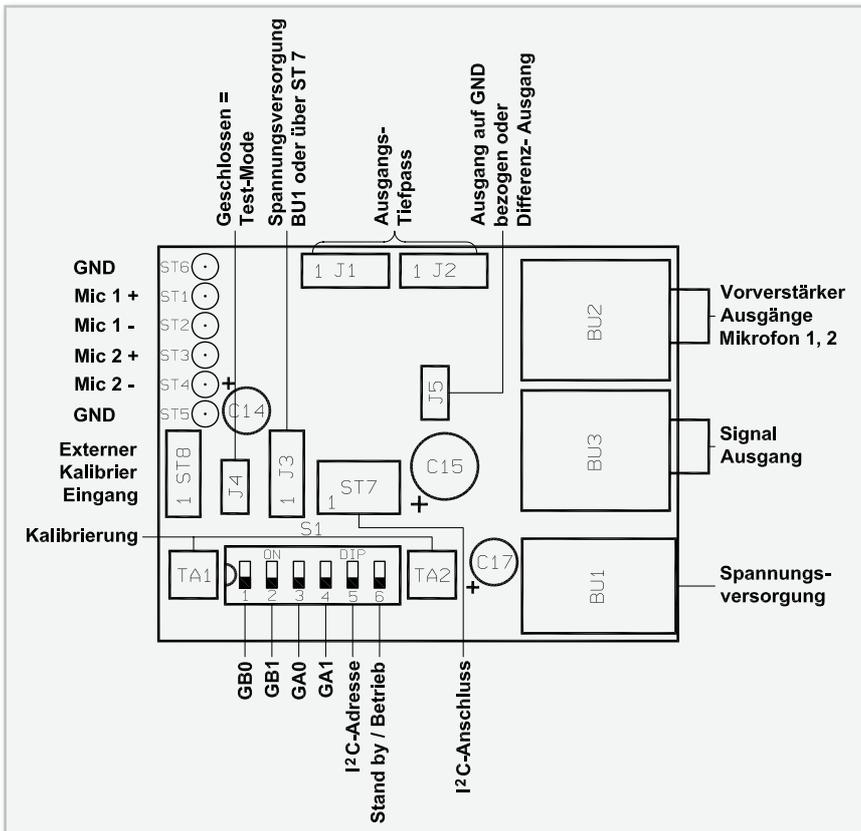


Bild 3: Anschluss- und Einstellmöglichkeiten der Mikrofon-Nebengeräusch-Unterdrückung MGU100

die mit DIP 1 und DIP 2 konfigurierbare Ausgangsverstärkung. Das Ausgangssignal kann wahlweise als Differenzsignal oder auf Schaltungsmasse bezogen genutzt werden. Bei Massebezug ist der Codierstecker J 5 zu setzen (Standard-Einstellung). Die auf Schaltungsmasse bezogene Signalauskopplung ist sicherlich in den meisten Fällen am sinnvollsten. Mit Hilfe der Codierbrücken J 1 und J 2 kann im Bereich

GA0	GA1	Verstärkung
0	0	6 dB
1	0	9 dB
0	1	12 dB
1	1	15 dB

J3	Pin 1 + 2 verbunden	BU 1 / 7–25 Vdc
J3	Pin 2 + 3 verbunden	ST 7 / 2,7–5,5 Vdc

Pin	Funktion
1	Spannungsversorgung
2	SCL
3	Masse
4	nicht genutzt
5	Enable
6	SDA

S 1 / 5	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
offen	1	1	0	0	1	1	0	W / R
geschlossen	1	1	0	0	1	1	1	W / R

der Ausgangsfilter zwischen zwei unterschiedlichen Tiefpass-Konfigurationen gewählt werden.

Die an BU 1 zugeführte Versorgungsspannung des Moduls darf zwischen 7 Vdc und 25 Vdc liegen. Alternativ kann auch eine Spannungsversorgung über den Steckverbinder des I<sup>2</sup>C-Bus (ST 7) erfolgen. Die Umstellung der Spannungsversorgung (BU 1 oder I<sup>2</sup>C-Bus-Steckverbinder) erfolgt entsprechend Tabelle 3 mit Hilfe des Codiersteckers J 3. Die Stiftleiste ST 7 dient zum Anschluss eines externen Mikrocontrollers, wobei die komplette Steuerung und Kalibrierung des Bausteins dann alternativ über den I<sup>2</sup>C-Bus möglich ist. Die Pin-Belegung der Stiftleiste ST 7 ist in Tabelle 4 dargestellt. Neben den typischen I<sup>2</sup>C-Bus-Signalen besteht zusätzlich die Möglichkeit, hier eine externe Versorgungsspannung zuzuführen. Des Weiteren kann das Modul über diesen Steckverbinder in den Stand-by-Modus geschaltet werden. Es stehen zwei unterschiedliche I<sup>2</sup>C-Bus-Adressen zur Verfügung (Tabelle 5), wobei die Auswahl mit Hilfe des DIP-Schalters DIP 5 erfolgt.

Wenn der I<sup>2</sup>C-Bus-Anschluss nicht genutzt wird, kann die Auswahl „Stand-by“ oder „Betrieb“ mit dem DIP-Schalter DIP 6 vorgenommen werden. Zur Kalibrierung des Bausteins mit einem Testsignal sind am Modul die Tasten TA 1 und TA 2 gleichzeitig zu betätigen. Alternativ können auch externe Kalibriersignale an ST 8 zugeführt werden.

## Schaltung

Die gesamte Schaltung der Mikrofon-Nebengeräusch-Unterdrückung ist in Abbildung 4 dargestellt. Im Grunde genommen besteht die Schaltung nur aus einem einzigen Chip mit passiver externer Beschaltung. Da aber empfindliche Mikrofon-signale zu verarbeiten sind, ist die Leiterbahnführung und Bauteilpositionierung auf der Leiterplatte sehr wichtig. Von den abgeschirmten Mikrofonleitungen zu den Chip-Eingängen müssen möglichst kurze Leiterbahnen bestehen. Das von Mikrofon 1 kommende Signal gelangt über C 4 und C 6 auf den Chip-Eingang (IC 1) und das von Mikrofon 2 kommende Signal in gleicher Weise über C 7 und C 10. Über die Widerstände R 6, R 7, R 10 und R 11 werden die beiden Mikrofone vorgespannt. Die Verstärkung der Mikrofon-signale erfolgt dann entsprechend der mit DIP-Schalter 3 und 4 (S1) vorgenommenen Einstellung (siehe Tabelle 1), wobei 20 dB als empfohlene Einstellung gilt. Die verstärkten, unbearbeiteten Mikrofon-signale stehen an Pin 30 und Pin 31 zur Verfügung und werden über R 16, R 17 an BU 2 ausgekoppelt. Nach der internen Signalverarbeitung steht das von den Nebengeräuschen befreite Ausgangssignal in Form eines Differenzsignals an Pin 5 und Pin 6 zur Verfügung. Auch beim Ausgangssignal besteht die Möglichkeit einer individuellen Amplitudenanpassung mit Hilfe der DIP-Schalter 1 und 2 (S1). Hier gilt als empfohlene Einstellung 6 dB. Über die Kondensatoren C 5 und C 11 sowie die Widerstän-

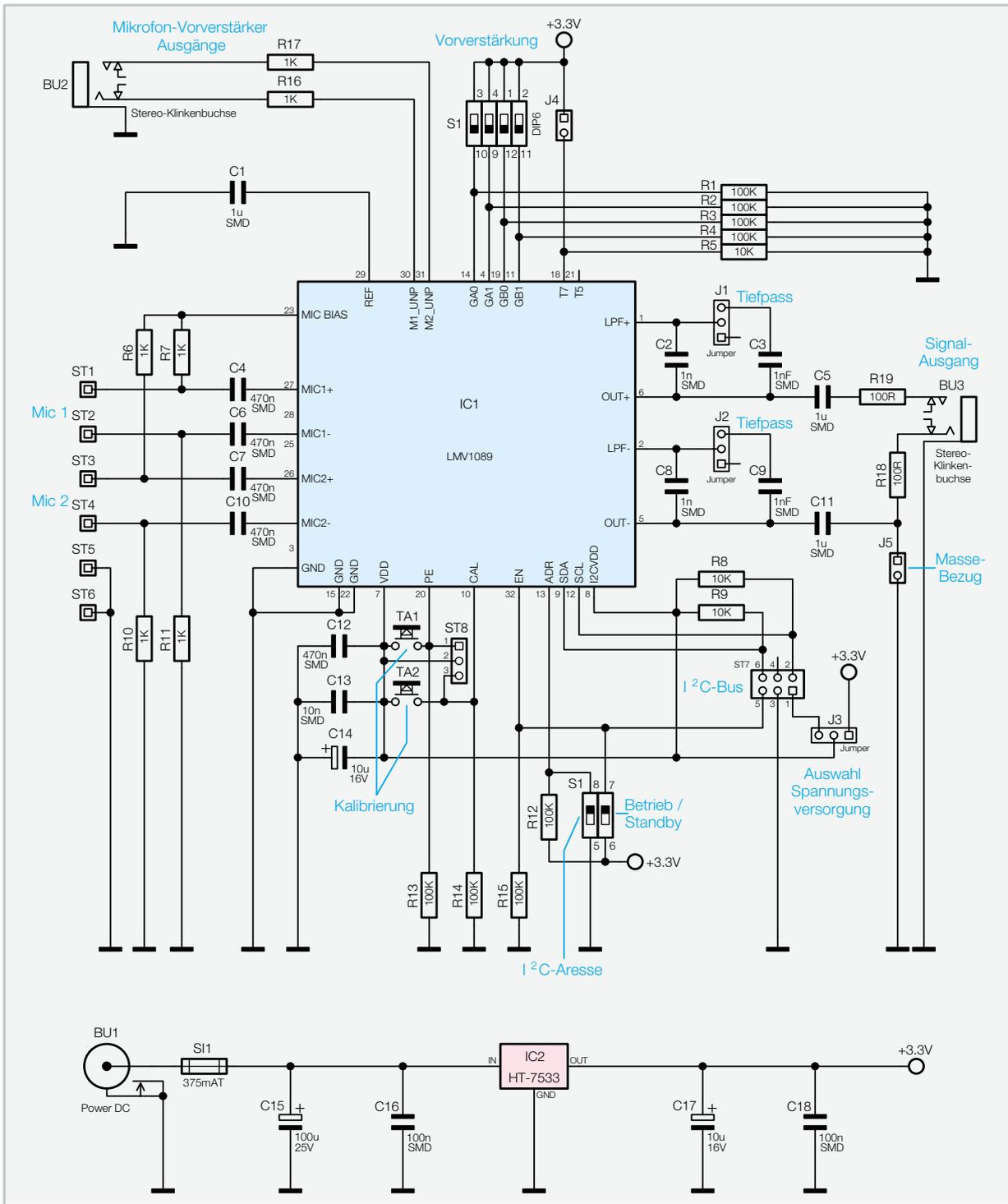


Bild 4: Hauptschaltbild der Mikrofon-Nebengeräusch-Unterdrückung

de R 18, R 19 wird das Ausgangssignal des Moduls an BU 3 ausgekoppelt. Ein Massebezug des Ausgangssignals kann mit Hilfe des Codiersteckers J 5 hergestellt werden (empfohlene Einstellung). Mit J 1 und J 2 können ausgangsseitig zwei unterschiedliche Tiefpass-Konfigurationen ausgewählt werden.

Die beiden an Pin 10 und Pin 20 angeschlossenen Tasten (TA 1, TA 2) dienen zum Abgleich des Moduls, wobei in erster Linie Empfindlichkeits- und Frequenzgangstreuungen der angeschlossenen Elektret-Mikrofonkapseln ausgeglichen werden. Alternativ besteht die Möglichkeit, den Abgleichprozess über den Steckverbinder ST 8 zu steuern.

Der an Pin 9 und Pin 12 zur Verfügung stehende I<sup>2</sup>C-Bus des LMV1089 ist mit Pin 2 und Pin 6 der Stiftleiste ST 7 verbunden. An dieser Stiftleiste besteht bei Bedarf die Möglichkeit, einen externen Mikrocontroller zur Steuerung des LMV1089 anzuschließen. Neben den typischen I<sup>2</sup>C-Bus-Signalen kann an diesem Steckverbinder auch eine externe Versorgungsspannung zugeführt werden und eine Umschaltung zwischen dem Betriebsmodus und dem Stand-by-Modus erfolgen. Es stehen zwei unterschiedliche I<sup>2</sup>C-Bus-Adressen zur Verfügung, die mit DIP 5 (S1) auszuwählen sind. Die I<sup>2</sup>C-Timing-Parameter sind in Tabelle 6 zu finden, und Tabelle 7 beschreibt die zur Verfügung stehenden Register des LMV1089.

Tabelle 6: I<sup>2</sup>C-Timing-Parameter

Parameter	Limit		Units
	Min.	Max.	
Hold Time (repeated) START Condition	0,6		us
Clock Low Time	1,3		us
Clock High Time	600		ns
Setup Time for a Repeated START Condition	600		ns
Data Hold Time (Output direction)	300	1100	ns
Data Hold Time (Input direction)	0	1100	ns
Data Setup Time	300		ns
Rise Time for SDA and SCL	20	300	ns
Fall Time for SDA and SCL	15	300	ns
Setup Time for STOP condition	600		ns
Bus Free Time between STOP and START Condition	1,3		us
Capacitive Load for each Bus Line	10	200	pF

Am Modul ist eine Umschaltung zwischen dem Betriebsmodus und dem Stand-by-Modus mit DIP 6 (S1) möglich. C 12 bis C 14 dienen zur Pufferung und Störunterdrückung direkt an den Versorgungspins des LMV1089.

Im unteren Bereich des Schaltbildes ist die recht einfach realisierte Spannungsversorgung des Moduls zu sehen. Die von

BU 1 kommende Betriebsspannung gelangt über die Sicherung SI 1 direkt auf den Eingang des Spannungsreglers IC 2, an dessen Ausgang stabilisiert 3,3 V zur Verfügung stehen. Während C 15 eine erste Pufferung vornimmt, dienen die weiteren Kondensatoren im Netzteil zur Stör- und Schwingungsunterdrückung.

## Nachbau

Der größte Teil der Elektronik dieses kleinen Moduls ist in SMD-Ausführung realisiert und wie bei allen ELV-Bausätzen bereits werkseitig vorbestückt. Von Hand bleiben nur noch wenige Komponenten zu verarbeiten, wobei aufgrund der engen Platzverhältnisse aber eine vorsichtige Arbeitsweise erforderlich ist.

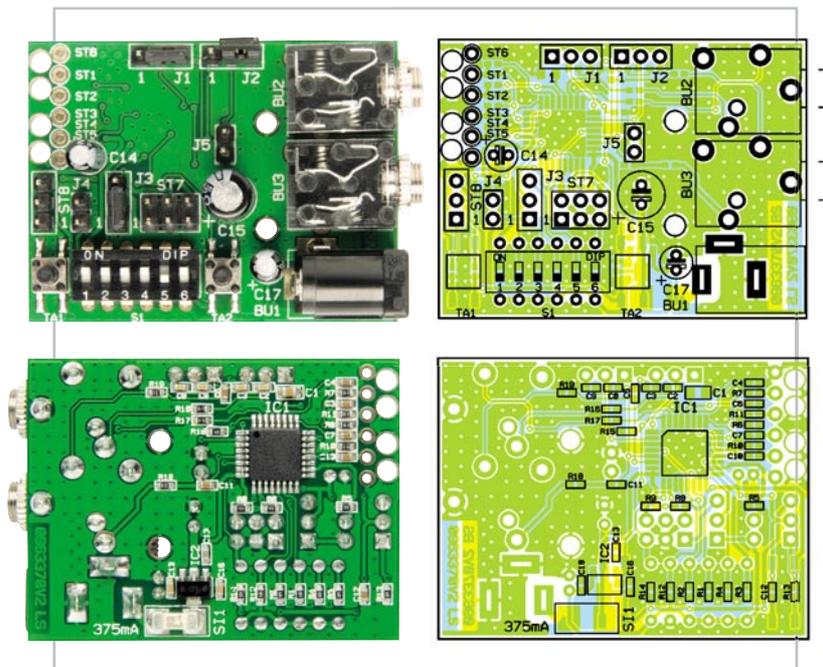
Zuerst werden 3 Elektrolyt-Kondensatoren unter Beachtung der korrekten Polarität bestückt und an der SMD-Seite vorsichtig verlötet. Am Bauteil ist üblicherweise der Minuspol und im Bestückungsdruck der Leiterplatte der Pluspol gekennzeichnet. Nach dem Einlöten sind an der SMD-Seite die überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

Tabelle 7: I<sup>2</sup>C-Register-Description

Address	Reg.	Bits	Description	Default	
0x01h	A	[3:0]	Microphone preamplifier gain from 6dB up to 36dB in 2dB steps.	See Table 2	
			0000		6dB
			0001		8dB
			0010		10dB
			0011		12dB
			0100		14dB
			0101		16dB
			0110		18dB
			0111		20dB
			1000		22dB
			1001		24dB
			1010		26dB
			1011		28dB
			1100		30dB
			1101		32dB
1110	34dB				
1111	36dB				
	A	[5:4]	A4 = mute mic1 and A5 = mute mic2. (0 = microphone on)	00(on)	
	A	[7:6]	Mic enable bits, A6 = enable Mic1, A7 = enable Mic2 (1 = enable), A6 and A7 both 0 = Shutdown Mode	11(on)	
0x02h	B	[2:0]	Gain setting for the post amplifier from (3dB steps)	See Table 3	
			000		6db
			001		9dB
			010		12dB
			011		15dB
			100		18dB
			101		18dB
			110		18dB
			111		18dB
					B
0	0	Noise cancelling mode			
0	1	Only Mic1 enabled			
1	0	Only Mic2 enabled			
	B	[7:5]	Not Used	000	
0x0Ch	L	[7:0]	reads the output of the EEPROM	read only	
0x0Dh	M	[7:0]	reads the output of the EEPROM	read only	
0x0Efh	N	[6:0]	reads the output of the EEPROM	read only	
	N	[7]	Reads the "ready" signal. This give the status of the program cycle. 1 = ready ; 0 = program cycle in progress	read only	

Address	Reg.	Bits	Description	Default
0x0Fh	O	[3:0]	Control the gain compensation between the two mics at 3kHz	0000
		0000 (0)	0.0dB	
		0001 (1)	0.5dB	
		0010 (2)	1.0dB	
		0011 (3)	1.5dB	
		0100 (4)	2.0dB	
		0101 (5)	2.5dB	
		0110 (6)	3.0dB	
		0111 (7)	3.0dB	
		1000 (8)	0dB	
		1001 (9)	-0.5dB	
		1010 (A)	-1.0dB	
		1011 (B)	-1.5dB	
		1100 (C)	-2.0dB	
		1110 (D)	-2.5dB	
		1110 (E)	-3.0dB	
		1111 (F)	-3.0dB	
		[7:4]	Control the gain compensation between the two mics at 300Hz	0000
		0000 (0)	0.0dB	
		0001 (1)	0.5dB	
		0010 (2)	0.0dB	
		0011 (3)	1.5dB	
		0100 (4)	2.0dB	
		0101 (5)	2.5dB	
		0110 (6)	3.0dB	
		0111 (7)	3.0dB	
		1000 (8)	0dB	
		1001 (9)	-0.5dB	
1010 (A)	-1.0dB			
1011 (B)	-1.5dB			
1100 (C)	-2.0dB			
1101 (D)	-2.5dB			
1110 (E)	-3.0dB			
1111 (F)	-3.0dB			

Address	Reg.	Bits	Description	Default
0x10h	P	[3:0]	Control compensation gain for left channel at ALL frequencies	1111
		0000 (0)	-3.0dB	
		0001 (1)	-3.0dB	
		0010 (2)	-2.5dB	
		0011 (3)	-2.0dB	
		0100 (4)	-1.5dB	
		0101 (5)	-1.0dB	
		0110 (6)	-0.5dB	
		0111 (7)	0.0dB	
		1000 (8)	0.0dB	
		1001 (9)	0.5dB	
		1010 (A)	1.0dB	
		1011 (B)	1.5dB	
		1100 (C)	2.0dB	
		1101 (D)	2.5dB	
		1110 (E)	3.0dB	
		1111 (F)	3.0dB	
		[7:4]	Control compensation gain for right channel at ALL frequencies	1111
		0000 (0)	-3.0dB	
		0001 (1)	-3.0dB	
		0010 (2)	-2.5dB	
		0011 (3)	-2.0dB	
		0100 (4)	-1.5dB	
		0101 (5)	-1.0dB	
		0110 (6)	-0.5dB	
		0111 (7)	0.0dB	
		1000 (8)	0.0dB	
		1001 (9)	0.5dB	
1010 (A)	1.0dB			
1011 (B)	1.5dB			
1100 (C)	2.0dB			
1101 (D)	2.5dB			
1110 (E)	3.0dB			
1111 (F)	3.0dB			
0x11h	Q	[6:0]	Values are clocked into EEPROM registers once "newdata" pulse is generated	1
		[7]	StoreBar signal StoreBar = 0 enables EEPROM programming StoreBar = 1 data clock into EEPROM registers	
0x12h	R	[0]	Start Calibration via I2C '0' to '1' = start calibration (keep '1' during calibration)	0
		[7]	Internal test	0000000



Fertig aufgebaute Basisplatine mit den zugehörigen Bestückungsplänen (oben Oberseite, unten SMD-Seite)

## Stückliste: MGU100

### Widerstände:

100 $\Omega$ /SMD/0603	R18, R19
1 k $\Omega$ /SMD/0603	R6, R7, R10, R11, R16, R17
10 k $\Omega$ /SMD/0603	R5, R8, R9
100 k $\Omega$ /SMD/0603	R1–R4, R12–R15

### Kondensatoren:

1 nF/SMD/0603	C2, C3, C8, C9
10 nF/SMD/0603	C13
100 nF/SMD/0603	C16, C18
470 nF/SMD/0603	C4, C6, C7, C10, C12
1 $\mu$ F/SMD/0603	C5, C11
1 $\mu$ F/SMD/0805	C1
10 $\mu$ F/16 V	C14, C17
100 $\mu$ F/25 V	C15

### Halbleiter:

LMV1089VY/SMD	IC1
HT7533/SMD	IC2

### Sonstiges:

Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Klinkenbuchse, 3,5 mm, stereo, print	BU2, BU3
Mini-Drucktaster, 1x ein, 4,1 mm Tastknopfänge	TA1, TA2
Mini-DIP-Schalter, 6-polig, liegend	S1
Stiftleiste, 1x 2-polig, gerade, print	J4, J5
Stiftleiste, 1x 3-polig, gerade, print	J1–J3, ST8
Stiftleiste, 2x 3-polig, gerade, print	ST6
Jumper ohne Griffflasche, geschlossene Ausführung	J1–J5
Sicherung, 375 mA, träge, SMD	SI1
Elektret-Einbaukapsel XF-18D	MIC1, MIC2
3 Kabelbinder, 90 mm	
200 cm Tonarmlitze, 2x 0,05 mm <sup>2</sup>	
3 cm Schrumpfschlauch $\varnothing$ : 2,4 cm	

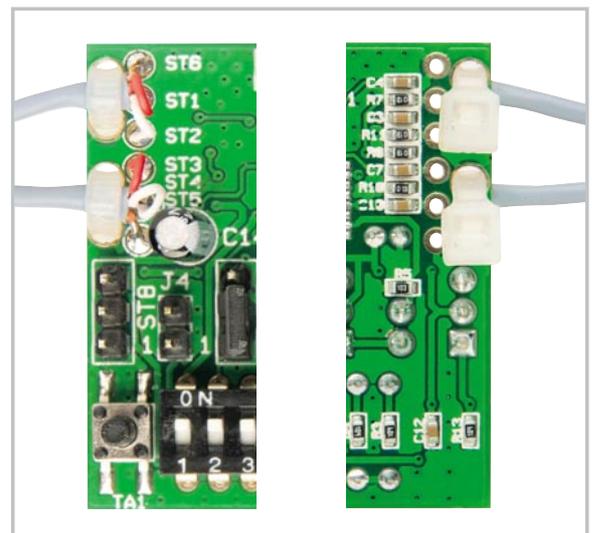


Bild 5: Anschluss der abgeschirmten Mikrofonleitungen und Sicherung mit Kabelbindern

Im nächsten Arbeitsschritt sind die beiden 3,5-mm-Klinkenbuchsen und die Hohlsteckerbuchse zur Spannungsversorgung einzulöten. Zu beachten ist dabei, dass die Buchsen plan auf der Platinenoberfläche aufliegen müssen und beim Lötvorgang nicht zu heiß werden dürfen. Das Gleiche gilt auch für den 6fach-DIP-Schalter S 1.

Nun bleiben nur noch zwei 2-polige, vier 3-polige und eine 6-polige Stiftleiste zu bestücken. Beim Verlöten ist zu beachten, dass die Kunststoffkörper der Stiftleisten auf der Platinenoberfläche aufliegen müssen.

Die beiden Elektret-Mikrofone werden über abgeschirmte zweiadrige Spezialleitungen an ST 1 bis ST 6, entsprechend Abbildung 5, angeschlossen und zur Zugentlastung sind die beiden Mikrofonkabel jeweils mit einem Kabelbinder, wie abgebildet, zu sichern.

Eine kleine Trägerplatine dient zur Aufnahme der beiden Mikrofonkapseln. Die Trägerplatine ist so konstruiert, dass abhängig von den individuellen Gegebenheiten der Abstand der Mikrofonkapseln variiert werden kann. Die Leitungsenden der Mikrofonleitungen sind an der Mikrofonseite so vorzubereiten, dass die Innenadern an die dafür vorgesehenen Lötflächen angelötet werden können. Die Abschirmungen werden, im Gegensatz zur Basisplatine, an der Mikrofonplatine nicht angeschlossen und entsprechend Abbildung 6 verschraubt.

## Kalibrierung

Um unterschiedliche Parameter der verwendeten Mikrofonkapseln (insbesondere die Empfindlichkeit) auszugleichen, ist eine Kalibrierung des Moduls mit den angeschlossenen

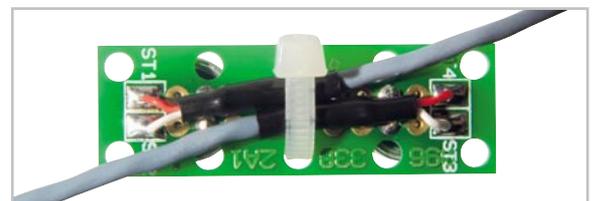


Bild 6: Anschluss der Mikrofonkabel an die Mikrofon-Trägerplatine

Mikrofonen und mittels eines Test-Tons vorzunehmen. Abbildung 7 zeigt den für die Kalibrierung erforderlichen Testaufbau, der im Wesentlichen aus einem 1-kHz-Tongenerator mit angeschlossenen Lautsprecher besteht. Für den Kalibrierprozess muss der Abstand vom Lautsprecher zu den beiden Mikrofonkapseln unbedingt gleich groß sein und die Lautstärke ist so einzustellen, dass an den Vorverstärker-Ausgängen eine Signalamplitude von 100 mV<sub>SS</sub> zu messen ist. Am komfortabelsten ist es, wenn die Kalibriersequenz entsprechend Abbildung 8 vom Tongenerator gesteuert wird, wobei dies aber nicht zwingend erforderlich ist. Der Kalibriervorgang ist auch manuell mit den Tasten TA 1 und TA 2 und einem 1-kHz-Dauersignal durchzuführen. Bei anliegendem Test-Ton (ca. 100 mV<sub>SS</sub> Signalamplitude an den Vorverstärker-Ausgängen) ist zuerst TA 1 zu drücken und dann TA 2. Beide Tasten sind dann mindestens 790 ms gemeinsam gedrückt zu halten. Danach ist zuerst TA 2 loszulassen und zuletzt TA 1. Der Kalibrierprozess ist damit abgeschlossen und dem Einsatz dieser interessanten Schaltung steht jetzt nichts mehr entgegen.

Auch wenn für die meisten Anwendungen der zuvor beschriebene Kalibriervorgang vollkommen ausreichend ist, kann für besonders gute Ergebnisse die Kalibrierung mit einer 3-Ton-Sequenz durchgeführt werden. Abbildung 9 und Tabelle 8 zeigen das dafür erforderliche Timing. **ELV**

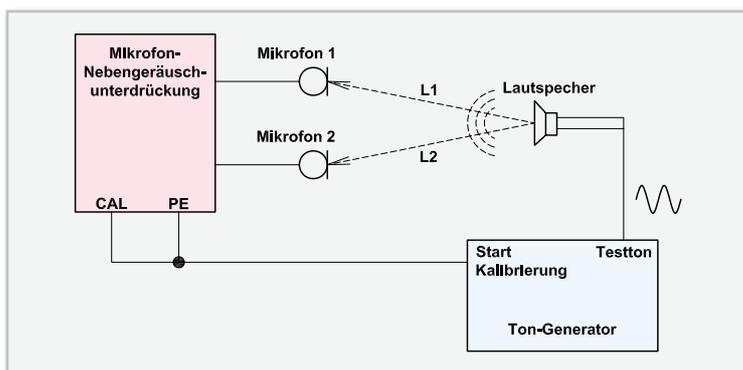


Bild 7: Testaufbau zur Kalibrierung der Nebengeräuschunterdrückung mit einem 1-kHz-Tongenerator

**Tabelle 8: Timing für eine Kalibriersequenz mit 3 Signalen (1 kHz, 300 Hz, 3 kHz)**

Symbol in Abbildung 9	Parameter	Grenzwerte		Einheit
		Min.	Max.	
t <sub>ST1</sub>	Calibration Start Tone 1		10	ms
t <sub>ET1</sub>	Calibration End Tone 1	200		ms
t <sub>ST2</sub>	Calibration Start Tone 2		210	ms
t <sub>ET2</sub>	Calibration End Tone 2	400		ms
t <sub>ST3</sub>	Calibration Start Tone 3		410	ms
t <sub>ET3</sub>	Calibration End Tone 3	600		ms
t <sub>CC</sub>	Calibration Complete	790		ms

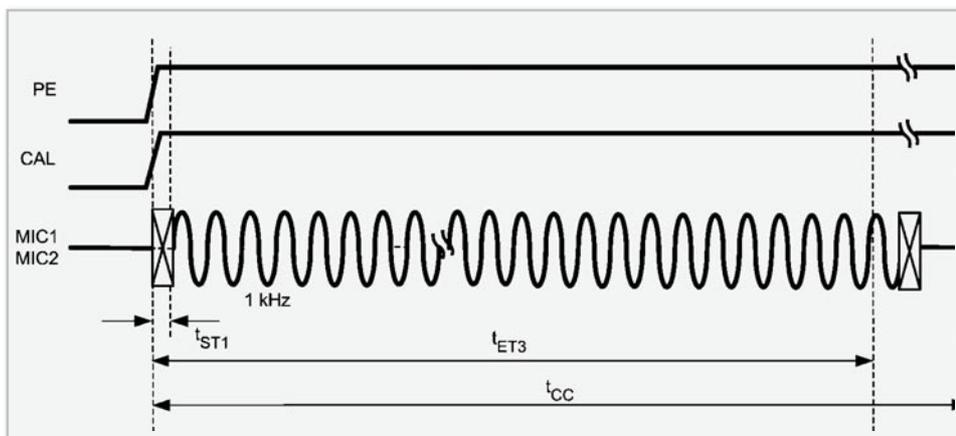


Bild 8: Kalibriersequenz mit einem 1-kHz-Prüfsignal

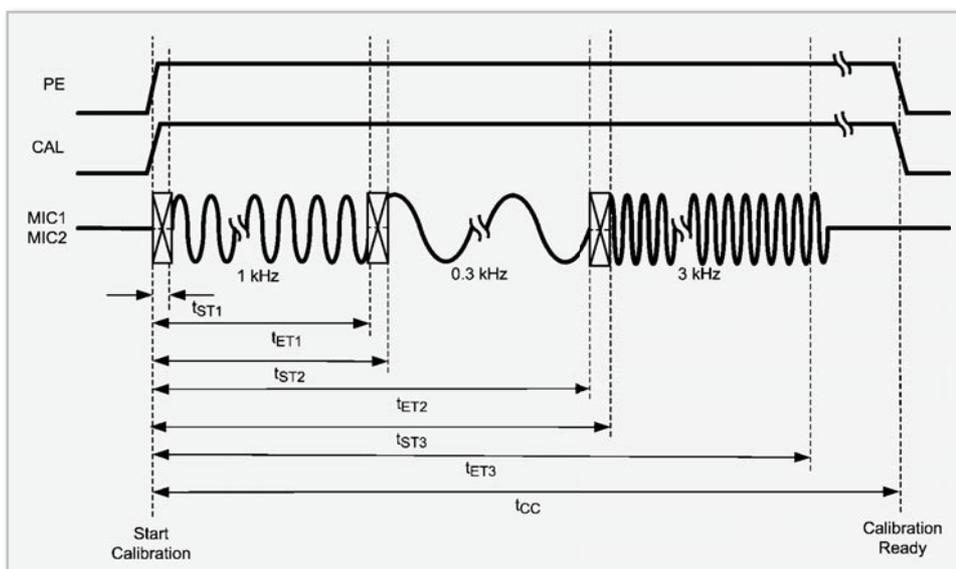


Bild 9: Kalibrierung mit einer 3-Ton-Sequenz, 1 kHz, 300 Hz, 3 kHz