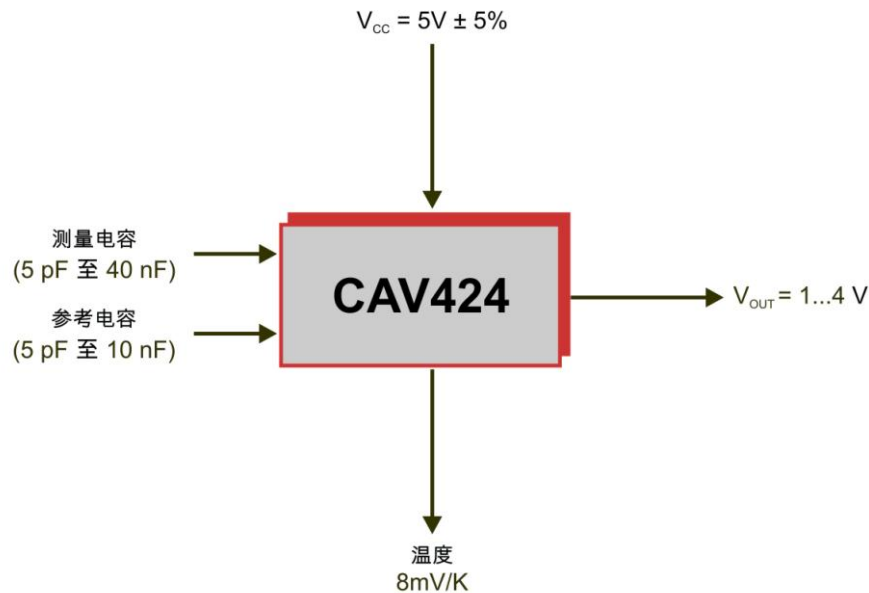


## 基本功能特点

电容式信号转换成可调的电压输出信号，  
带有内置的温度传感器



## 典型应用

CAV424 是一个电容电压转换集成电路。它用来测量一个电容传感器的电容和一个参考电容器的电容差值并把它转换成差分的直流电压信号。

CAV424 可以作为微处理器（单片机）的前级模拟信号处理也可以直接用于电容信号的处理电路。

- 湿度传感器测量
- 物（液）位测量
- 电容式压力传感器测量
- 物体位置监测
- 材料检测

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

### 目录

特点	3
简介	3
电路方框图	3
电路参数	4
1. 电路参数	4
2. 电路参数极限值	5
测量原理	6
工作原理介绍	7
1. 振荡器	7
2. 测量和参考积分器	7
3. 信号处理（低通滤波器和输出级）	8
应用举例	9
1. 传递函数	9
3. 电路参数的确定	10
4. 校准过程	11
5. 应用介绍	11
封装和管脚	13
封装外型	13
参考文献	13

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

### 特点

- 宽的电容检测范围：5 pF 至 40 nF
- 单一电容传感器或差分电容传感器的测量
- 高的检测灵敏度
- 比例电压输出
- 输出放大级电压可调
- 高的频响
- 内置温度传感器
- 工作电压：5V ± 5%
- 宽的工作温度范围：  
-40°C...+105°C
- 校准简单 (Excel 软件)
- 提供 SO16 贴片或裸片
- 符合欧盟 RoHS 指令

### 简介

CAV424 是一个电容信号转换电压输出的集成电路。可以测量单一电容传感器或差分电容传感器的电容转换成差分电压信号输出。输出电压与测量电容的关系是倒数关系。输出电压是与电源电压成比例输出关系。

CAV424 是模拟电路，所以有较高的频响。测量的精度仅仅由信噪比决定。

CAV424 是一个完整的电容信号转换电压信号的集成电路。只需要外接一些电阻调准输出电压的放大和零点偏置。

CAV424 可以作为微处理器（单片机）的前级模拟信号处理，通过单片机进行数字校准；也可以直接用于电容信号的处理电路。

一个 Excel-软件可使电路系统的校准更加简单。

### 电路方框图

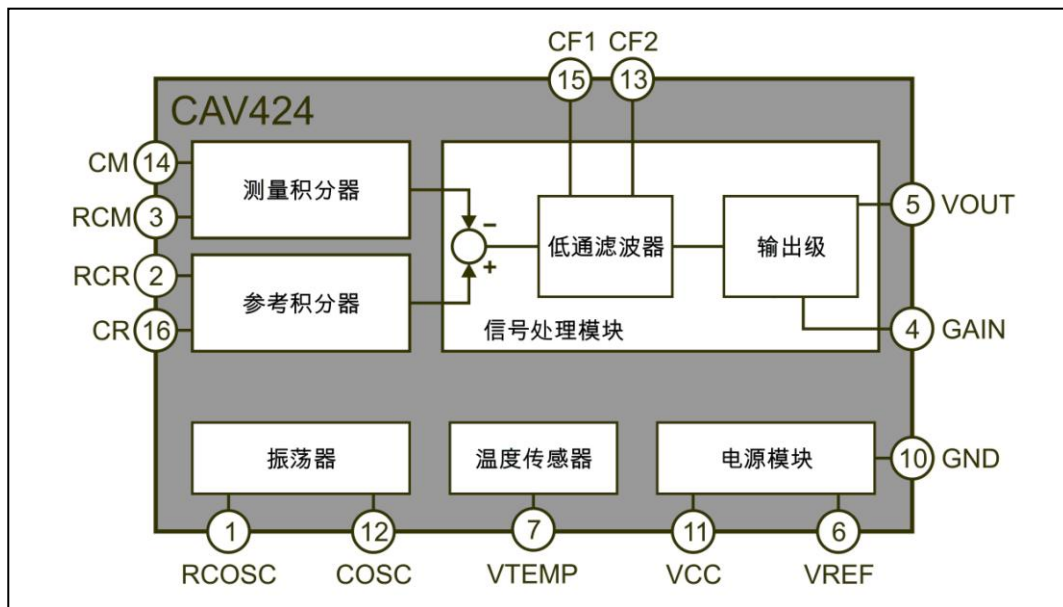


图 1 : CAV424 电路方框图

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

### 电路参数

#### 1. 电路参数

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V}$ ,  $I_{OSC} = 20\mu\text{A}$ ,  $I_{CR} = I_{CM} = 2.5\mu\text{A}$  (除非另外注明)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>系统</b>						
工作温度范围	$T_{amb}$		-40		105	$^{\circ}\text{C}$
工作电压范围	$V_{CC}$		4.75	5.00	5.25	V
静态电流	$I_{CC}$	$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ , $G = 1$ $T_{amb} = -40 \dots 105^{\circ}\text{C}$ , $I_{CR} = I_{CM} = 25\mu\text{A}$			1.3	mA
测量电容 <sup>1), 2)</sup>	$C_M$		5		40000	pF
参考电容 <sup>2)</sup>	$C_R$		5		10000	pF
输出电压 <sup>3)</sup>	$V_{OUT}$		1.0		4.0	V
差分电压输出	$V_{DIFF}$	$V_{DIFF} = V_{OUT} - V_{REF}$	-1.5		1.5	V
温度特性 $V_{OUT}$ <sup>4)</sup>	$TC_{VOUT}$	$dV_{OUT}/(dT \cdot V_{SPAN}) @ T_{amb} = -40 \dots 85^{\circ}\text{C}$			$\pm 200$	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
最大电容信号输入频率 <sup>5)</sup>	$f_{sig,max}$	@ $f_{OSC} = 230\text{kHz}$ , $C_{F1} = C_{F2} = 2\text{nF}$		3.5		kHz
最小响应时间 <sup>6)</sup>	$t_{RES,min}$	@ $f_{OSC} = 230\text{kHz}$ , $C_{F1} = C_{F2} = 2\text{nF}$		0.4		ms
<b>振荡器</b>						
振荡器电容范围 <sup>2)</sup>	$C_{OSC}$		20		11000	pF
振荡器频率范围	$f_{OSC}$	$f_{OSC} = V_{REF} / (2 \cdot \Delta V_{OSC} \cdot R_{OSC} \cdot C_{OSC})$	1		240	kHz
振荡器电压振幅	$\Delta V_{OSC}$		2.1	2.15	2.2	V
振荡器电流电阻	$R_{OSC}$		50		125	k $\Omega$
振荡器充电电流	$I_{OSC}$	$I_{OSC} = V_{REF} / R_{OSC}$	20		50	$\mu\text{A}$
充电电流范围	$I_{OSC,var}$	@ $R_{OSC} = 125\text{k}\Omega$	19	20	21	$\mu\text{A}$
<b>参考积分器 (<math>C_R</math>)</b>						
最小积分电压	$V_{CR,min}$	@ Pin 16	1.15	1.2	1.25	V
最大积分电压	$V_{CR,max}$	@ Pin 16		4.1		V
积分器电流电阻	$R_{CR}$		100		1250	k $\Omega$
积分器充电电流	$I_{CR}$	$I_{CR} = V_{REF} / R_{CR}$	2		25	$\mu\text{A}$
充电电流范围	$I_{CR,var}$	@ $R_{CR} = 1000\text{k}\Omega$	2.4	2.5	2.6	$\mu\text{A}$
<b>测量积分器 (<math>C_M</math>)</b>						
最小积分电压	$V_{CM,min}$	@ Pin 14	1.15	1.2	1.25	V
最大积分电压	$V_{CM,max}$	@ Pin 14		4.1		V
积分器电流电阻	$R_{CM}$		100		1250	k $\Omega$
积分器充电电流	$I_{CM}$	$I_{CM} = V_{REF} / R_{CM}$	2		25	$\mu\text{A}$
充电电流范围	$I_{CM,var}$	@ $R_{CM} = 1000\text{k}\Omega$	2.4	2.5	2.6	$\mu\text{A}$
<b>低通滤波器</b>						
内置电阻 1 和 2	$R_{01}, R_{02}$			20		k $\Omega$
低通滤波器电容 <sup>7)</sup>	$C_{F1}, C_{F2}$		2		500	nF
角频率	$f_C$	$R_{01} = R_{02} = 20\text{k}\Omega$ , $C_{F1} = C_{F2} = 2\text{nF}$			4	kHz
低通滤波器电压输入	$V_{LP,in}$		0.8		4.2	V
失调电压	$V_{LP,ofs}$	管脚 15 到 13 之间, $V_{LP,in} = V_{REF}$	-2		2	mV
<b>输出级</b>						
可调增益	$G$		1			
输出电流	$I_{OUT}$	Source, Sink <sup>8)</sup>	-100		100	$\mu\text{A}$

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

电阻负载在管脚 $V_{OUT}$	$R_L$		40			$k\Omega$
电容负载在管脚 $V_{OUT}$	$C_L$				100	$\mu F$
输入失调电压	$V_{OFS}$	$R_L = 100 M\Omega$	-2		2	mV
<b>参考电压 <math>V_{REF}</math></b>						
参考电压	$V_{REF}$	$V_{REF} = V_{CC} / 2$	2.49	2.5	2.51	V
温度系数	$TC_{VREF}$	$dV_{REF} / (dT \cdot V_{REF}), T_{amb} = -40...+105^\circ C$			$\pm 50$	ppm/ $^\circ C$
电流	$I_{VREF}$	Source, Sink <sup>8)</sup>	-100		100	$\mu A$
负载电容	$C_{VREF}$		80	100	120	nF
<b>温度传感器 <math>V_{TEMP}</math></b>						
输出电压	$V_{TEMP}$	$R_{TEMP} \geq 50 M\Omega$	2.20	2.32	2.45	V
灵敏度	$S$	$S = dV_{TEMP} / dT, R_{TEMP} \geq 50 M\Omega$		8		mV/ $^\circ C$
负载电阻	$R_{TEMP}$		10			$M\Omega$
非线性	$NL_{TEMP}$	$R_{TEMP} \geq 50 M\Omega, \text{end point meth.}$		0.5		%

表 1: CAV424 电路参数

**注意:**

- 1) 如果要与理想状态的传递公式 (8) 和 (11) 的结果一致 (< 1%)，建议最大测量电容值  $C_{M,max}$  与最小测量电容值  $C_{M,min}$  之比小于 10。
- 2) 电气参数都不含集成电路上的寄生电容 (典型 5 pF, 在管脚 12,14,16)。
- 3) 输出电压最大值  $V_{OUT}$  大约是  $0.8 \cdot V_{CC}$ 。
- 4) 温度系数通过满度值  $V_{Span} = V_{OUT}(C_{M,max}) - V_{OUT}(C_{M,min})$  归一化。
- 5) 最大电容信号输入频率  $f_{SIG,max}$  是指测量电容的变化速率在低通滤波器滤波至输出级的电压下降 6 dB 的时候。
- 6) 响应时间是指输出电压在 100% 的变化中达到最终值的 99.99% 的时间。
- 7) 低通滤波器电容  $C_{F1}$  和  $C_{F2}$  的选取是根据输出电压的纹波系数为 1 % 时。较小的滤波电容会导致较大的纹波系数。
- 8) 流入集成电路的电流均为负。

## 2. 电路参数极限值

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
最大电源电压	$V_{CCmax}$		6			V
最大振荡器充电电流	$I_{OSCmax}$		50			$\mu A$
最大测量电容积分器充电电流	$I_{CMmax}$		25			$\mu A$
最大参考电容积分器充电电流	$I_{CRmax}$		25			$\mu A$
储存温度	$T_{Store}$		-55		125	$^\circ C$
ESD 保护	$V_{ESD}$	HBM		2		kV

表 2: 电路参数极限值

**注意:**

- 1) 在管脚 12, 14, 16 处没有 ESD 保护。

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

### 测量原理

CAV424 的测量原理可以参考图 2，图中描述了各个功能模块，信号处理以及基本外接元器件的情况。

CAV424 具有 7 个功能模块：振荡器，测量积分器，参考积分器，低通滤波器，输出级，温度传感器，电源部分。电源模块给它模块供电同时给出一个 2.5V 的参考电压。温度传感器产生一个与集成电路附近的温度相近的电压信号，它与温度成正比。

为了将测量电容  $C_M$  转换成直流电压信号，CAV424 采用了差分测量原理。利用二个构造对称的积分器来检测测量电容  $C_M$  和参考电容  $C_R$  的关系。二个电容  $C_M$  和  $C_R$  通过同步的常数电流进行充放电，充放电电流可以通过  $R_{CM}$  和  $R_{CR}$  来调准。充放电过程的时间常数由振荡器的频率决定。振荡器频率由  $C_{OSC}$  和  $R_{OSC}$  调准。二个积分器同时产生锯齿波电压，它们的振幅与  $1/C_M$  和  $1/C_R$  是成正比的。通过低通滤波器滤波，二个锯齿波电压的差值转换为直流电压信号。在管脚 5 处的输出电压  $V_{OUT}$  是与电源电压成比例变化并且与  $1/C_M$  成线性函数关系。输出电压  $V_{OUT}$  可以直接对地 GND 输出单端对地信号也可以对管脚 6 输出差分信号  $V_{DIFF} = V_{OUT} - V_{REF}$ 。通过应用电路图 6 的  $R_1 \dots R_5$ ，输出电压的零点和满度可以调准。

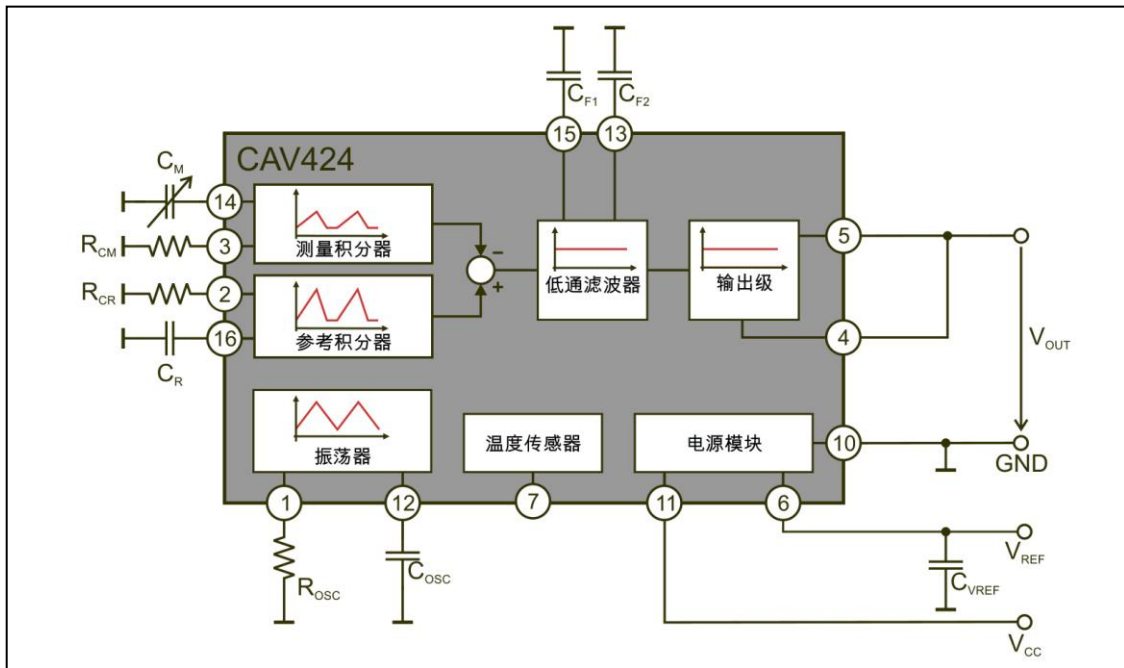


图 2: CAV424 的工作原理和外部基本电路

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

### 工作原理介绍

#### 1. 振荡器

振荡器对外接的振荡器电容  $C_{OSC}$  充电，然后放电，周而复始见图 3。振荡器电流  $I_{OSC}$  由外接电阻  $R_{OSC}$  和参考电压  $V_{REF}$  来确定：

$$I_{OSC} = \frac{V_{REF}}{R_{OSC}} \quad (1)$$

振荡器电容  $C_{OSC}$  从开始的低谷电压  $V_{OSC,LOW}$  通过电流  $I_{OSC}$  充电达到峰值电压  $V_{OSC,HIGH}$ ，然后开始放电，电压又下降到低谷电压  $V_{OSC,LOW}$ 。

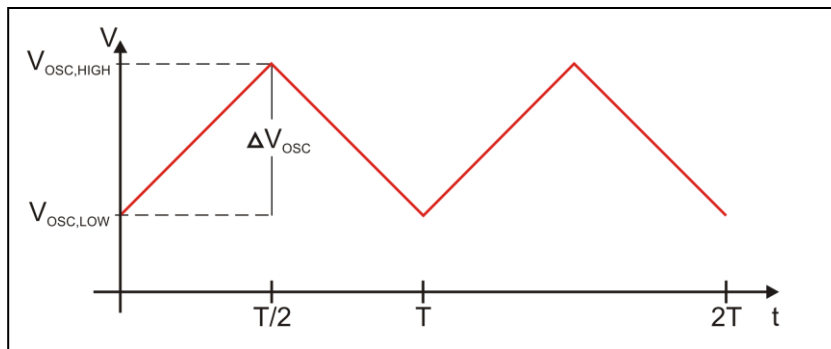


图 3: 振荡器的电压输出

这样在电容  $C_{OSC}$  上产生的三角波的频率为  $f_{OSC}$ :

$$f_{OSC} = \frac{I_{OSC}}{2 \cdot \Delta V_{OSC} \cdot C_{OSC}} = \frac{2.5}{4.2 \cdot R_{OSC} \cdot C_{OSC}} \quad (2)$$

其中  $\Delta V_{OSC} = 2.1 \text{ V}$  和  $V_{REF} = 2.5 \text{ V}$  (@  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ )。

#### 2. 测量和参考积分器

测量和参考积分器是测量过程中的重要部分。通过二个积分器电路，电容被转换成电压信号。二个积分器被同样的振荡器信号触发同时对连接的电容进行恒流充电放电。

在半个周期内，用电流  $I_{CM}$  对测量电容  $C_M$  和用电流  $I_{CR}$  对参考电容  $C_R$  进行充电（图 4）。电流  $I_{CM}$  和  $I_{CR}$  有下式给出：

$$I_{CM} = \frac{V_{REF}}{R_{CM}} \quad \text{和} \quad I_{CR} = \frac{V_{REF}}{R_{CR}} \quad (3)$$

$R_{CM}$  和  $R_{CR}$  是测量积分器的充电电流可调电阻和参考积分器的充电电流可调电阻。电容  $C_M$  和  $C_R$  充电达到最大值  $V_{CM}$  和  $V_{CR}$ ，它们可由下式计算得出：

$$V_{CM} = \frac{I_{CM}}{2 \cdot f_{OSC} \cdot C_M} + V_{CLAMP} \quad \text{和} \quad V_{CR} = \frac{I_{CR}}{2 \cdot f_{OSC} \cdot C_R} + V_{CLAMP} \quad (4)$$

其中  $V_{CLAMP} = 1.2 \text{ V}$ ，二个积分器的放电电压被钳制在一个内置的固定电压  $V_{CLAMP} = 1.2 \text{ V}$  上。

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

在  $1/2T$  到  $3/4T$  周期中,  $C_M$  和  $C_R$  的放电电流是充电时的二倍 ( $2 \cdot I_{CM}$  和  $2 \cdot I_{CR}$ ), 一直到  $V_{CLAMP}$ 。然后再最后的  $1/4T$  周期中电压保持在  $V_{CLAMP}$ 。然后重复相同的过程。

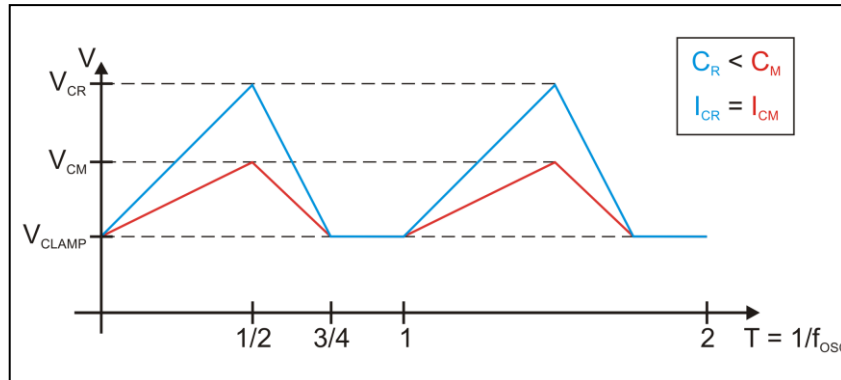


图 4: 二个积分器的电压输出

### 3. 信号处理（低通滤波器和输出级）

将二个积分器的信号  $V_{CM}$  和  $V_{CR}$  相减产生一个单一的电压信号并且加上一个参考电压  $V_{REF}$ , 在低通滤波器输入端前的最大电压信号是:

$$V_{LP.in}^{max} = (V_{CR} - V_{CM}) + V_{REF} = \frac{V_{REF}}{2 \cdot f_{OSC}} \left( \frac{1}{R_{CR} \cdot C_R} - \frac{1}{R_{CM} \cdot C_M} \right) + V_{REF} \quad (5)$$

这个电压通过二个运算放大器组成的二级 RC-低通滤波器积分和取平均值。低通滤波器的电阻  $R_{01} = R_{02} = 20 \text{ k}\Omega$  是集成在集成电路里的, 滤波电容  $C_{F1}$  和  $C_{F2}$  是外接电子元件, 它决定了角频率  $f_C$ :

$$f_C = \frac{1}{2\pi \cdot 20\text{k}\Omega \cdot C_{Filter}} \quad \text{其中} \quad C_{Filter} = C_{F1} \text{ 或者 } C_{F2}. \quad (6)$$

通常滤波电容选择是:  $C_{F1} = C_{F2}$ ,  $f_C = 10 \cdot f_{OSC}$ 。此时的纹波系数是小于输出信号的 1%。经过滤波后的直流电压信号由下式给出:

$$V_{LP}^{DC} = \frac{3}{8} \cdot (V_{CR} - V_{CM}) + V_{REF} = \frac{3}{8} \cdot R_{OSC} \cdot C_{OSC} \cdot \Delta V_{OSC} \cdot \left( \frac{1}{R_{CR} \cdot C_R} - \frac{1}{R_{CM} \cdot C_M} \right) + V_{REF} \quad (7)$$

根据图 2 电路的信号转换, 在输出端的直流电压即在管脚 5 的输出电压  $V_{OUT}$  由公式 (8) 给出。

如果应用图 6 的电路, 那么直流电压信号可以放大和零点调准。在管脚 5 处的输出信号  $V_{OUT}$  由公式 (11) 给出。



# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

### 应用举例

#### 1. 传递函数

如果应用图 2 的电路，管脚 5 上的输出电压  $V_{OUT}$  对地 GND 是：

$$V_{OUT}(C_M) = \left( \frac{3}{8} \cdot \Delta V_{OSC} \cdot C_{OSC} \cdot R_{OSC} \right) \cdot \left( \frac{1}{R_{CR} \cdot C_R} - \frac{1}{R_{CM} \cdot C_M} \right) + V_{REF} \quad (8)$$

其中

$C_M$  = 变化的测量电容

$C_{OSC}$  = 振荡器电容

$R_{CR}$  = 参考积分器电流调准电阻

$\Delta V_{OSC}$  = 振荡器电压振幅(固定值  $\Delta V_{OSC} = 2.15 \text{ V} @ V_{CC} = 5 \text{ V}$ )

$V_{REF}$  = 参考电压 ( $V_{REF} = 2.5 \text{ V} @ V_{CC} = 5 \text{ V}$ )

$C_R$  = 参考电容

$R_{CM}$  = 测量积分器电流调准电阻

$R_{OSC}$  = 振荡器电流调准电阻

从公式 (8) 看出，输出电压与测量电容的倒数  $1/C_M$  是线性关系。下面的二个关系式子的应用可以使 CAV424 的计算公式简化便于调准<sup>1</sup>：

$$R_{CR} \cdot C_R = R_{CM} \cdot C_{M,min} \quad \text{和} \quad C_{OSC} = 0.55 \cdot \frac{R_{CM}}{R_{OSC}} \cdot C_{M,min} \quad (9)$$

这里  $C_{M,min}$  是测量电容的最小值。

通过上面式子(9)的代入，式子(8)变成：
$$V_{OUT}(C_M) = 0.44 \cdot \left( 1 - \frac{C_{M,min}}{C_M} \right) + V_{REF} \quad (10)$$

这时  $V_{OUT}$  只同  $C_{M,min}$  和  $C_M$  有关了。公式(10)通过图 5 来表示，测量电容的范围是  $\Delta C_M = C_{M,max} - C_{M,min}$ ，这里  $C_{M,max}$  是测量电容的最大值。当  $C_M = C_{M,min}$  时，由公式(10)得出，输出电压  $V_{OUT}(C_{M,min}) = V_{REF}$ 。

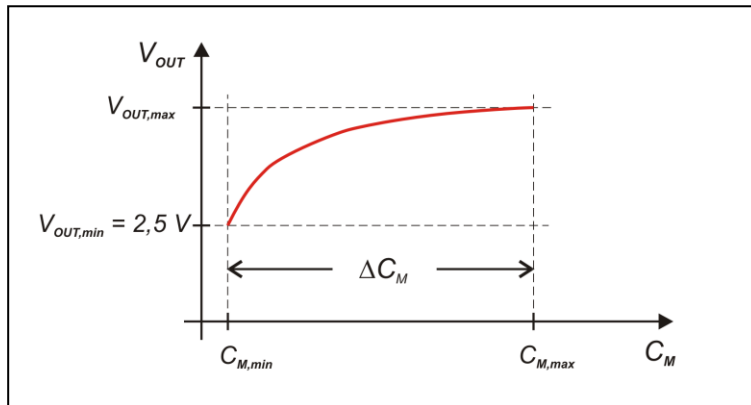


图 5: 输出电压信号  $V_{OUT}$  与测量电容  $C_M$  的关系

<sup>1</sup> 外接元器件的选择和测量电路的优化可以采用 AMG 公司开发的校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424 (见参考文献)。

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

### 2. 零点和满度的调准

为了输出电压信号的零点和满度可调，增加了一个电阻网络  $R_1 \dots R_5$ （见图 6）。

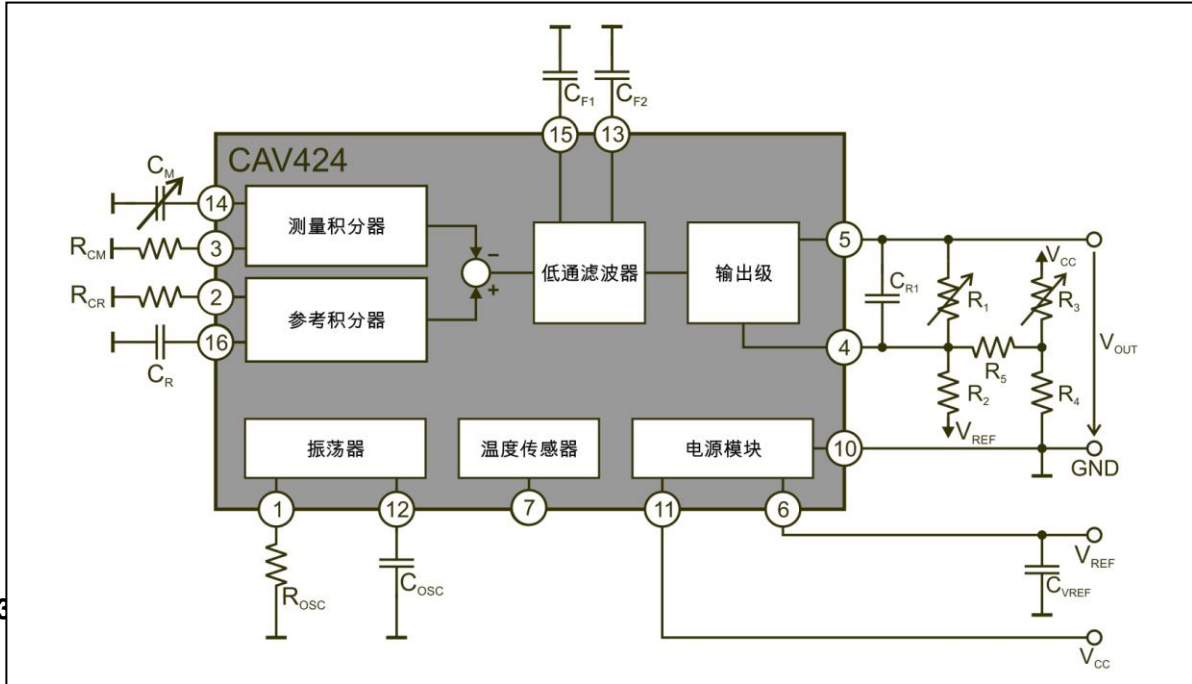


表 3

图 6: 零点和满度可调的 CAV424 电路

对于电容传感器测量系统图 6 来说，管脚 5 对地 GND 的输出电压  $V_{OUT}$  由下式给出：

$$V_{OUT} = G \cdot \left( \frac{3}{8} \cdot \Delta V_{OSC} \cdot C_{OSC} \cdot R_{OSC} \right) \cdot \left( \frac{1}{R_{CR} \cdot C_R} - \frac{1}{R_{CM} \cdot C_M} \right) + B \cdot V_{REF} \quad (11)$$

其中

$$G = 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_5} \cdot \frac{R_3 R_5 + R_4 R_5}{R_3 R_4 + R_4 R_5 + R_3 R_5} \quad \text{和} \quad B = 1 + \frac{R_1}{R_5} \cdot \frac{R_3 R_5 - R_4 R_5}{R_3 R_4 + R_4 R_5 + R_3 R_5} \quad (12)$$

其中  $R_2, R_4$  和  $R_5$  是固定电阻。

$R_1$  是放大系数（满度）可调电阻。

$R_3$  是零点输出可调电阻。

从公式（11）和（12）可以看出，输出电压  $V_{OUT}$  完全与测量电容的倒数  $1/C_M$  成线性关系。

将公式（9）代入个（11）得出一个简单的传递函数表达式：

$$V_{OUT}(C_M) = 0.44 \cdot G \cdot \left( 1 - \frac{C_{M,min}}{C_M} \right) + B \cdot V_{REF} \quad (13)$$

这里输出电压  $V_{OUT}$  只与测量的最小值  $C_{M,min}$  和测量电容值  $C_M$  有关。

### 3. 电路参数的确定

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

对电路图图 6 的使用外接元器件的选择由下面的表中给出（当测量电容最大值  $C_{M,max} < 1 \text{ nF}$ ）。对于其它的测量电容范围或参考电容  $C_R$  已经安装存在的情况下，需要借助于校准软件 Excel-Sheets Kali\_CAV424 来确定。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
参考电容 (NPO 电容)	$C_R$		$C_{M,min}$		pF
振荡器电容 (NPO 电容)	$C_{OSC}$		$4.4 * C_{M,min}$		pF
测量积分器电流电阻	$R_{CM}$		1000		kΩ
参考积分器电流电阻	$R_{CR}$		1000		kΩ
振荡器电流电阻	$R_{OSC}$		125		kΩ
低通滤波器电容 <sup>1)</sup>	$C_{F1}, C_{F2}$		500		nF
输出级电阻 (1%)	$R_2, R_4, R_5$		100		kΩ
满度调准电阻 (0.1%) <sup>2)</sup>	$R_{1(start)}$		100		kΩ
零点调准电阻 (0.1%) <sup>2)</sup>	$R_{3(start)}$		100		kΩ
参考电压电容 ( $V_{REF} = 2.5V$ ) <sup>3)</sup>	$C_{VREF}$	80	100	120	nF

### 注意:

- 1) 低通滤波器电容  $C_{F1}$  和  $C_{F2}$  的最佳取值依赖振荡器的频率。所给出的低通滤波器电容值是用来检测测量电容最小值范围  $C_{M,min}$  在 5 pF 至 1000 pF，当然这样会导致较慢的响应时间。
- 2) 校准开始时先采用二个固定电阻  $R_1 = R_3 = 100 \text{ k}\Omega$ ，测出在最小电容  $C_{M,min}$  和最大电容  $C_{M,max}$  时的输出电压。通过校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424 计算得出的新的电阻  $R_1$  和  $R_3$ ，安装到电路板上就行了。
- 3) 参考电压电容  $C_{VREF}$  要品质好的瓷片电容。
- 4) 所应用的外接元器件希望要较小的温度系数 ( $\leq 100 \text{ ppm}$ )。电阻  $R_{CM}$ ,  $R_{CR}$ ,  $R_{OSC}$  和电容  $C_{VREF}$  可以有 5% 左右的偏差。此外其它的一些电阻按照表 3 中给出的偏差要求选择。

## 4. 校准过程

在设计电容传感器系统时要注意，除了探头电容外还有寄生电容，它会影响到输出信号和校准精度。为了简化校准过程，消除寄生电容的影响，AMG 公司根据图 6 开发了一个校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424 供大家免费下载和使用 ([www.analogmicro.de](http://www.analogmicro.de))。

应用校准软件有二个进程。一个是外接元器件选择，另一个是调准过程。首先根据传感器的测量电容情况用 Excel-Sheet Kali\_CAV424 计算出外接元器件的数值。

然后用计算出的外接元器件和 CAV424/444 电路组成一个相应的传感器测量系统。每个传感器测量系统都需要通过电阻  $R_1$  和  $R_3$  进行零点和满度的校准。这里首先需要测量在电容最小值  $C_{M,min}$  和最大值  $C_{M,max}$  时的输出电压，根据所测量的电压值代入校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424，就可以计算出最终的  $R_1$  和  $R_3$  电阻值。在调准  $R_1$  和  $R_3$  至所计算出的数值后，所有的传感器系统偏差包括寄生电容等等都得到了校准。整个传感器系统就校准完成了。

## 5. 应用介绍

如果电容探头是独立的单一的电容，那么它就连接在管脚 14 (CM) 上，此时在管脚 16 (CR) 上就要连接一个参考电容，通常该电容取值是测量电容的最小值作为参考电容值  $C_R = C_{M,min}$ 。

如果电容探头带有一个集成的参考电容，可以采用差分的测量方法，此时管脚 14 (CM) 连接测量电容，管脚 16 (CR) 连接参考电容。

以上二种情况在校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424 中都有自己的计算方法。为了产品生产上一致性，在校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424 计算中尽量代入传感器电容中可能的最小值  $C_{M,min}$  和可能的最大值  $C_{M,max}$ 。如果参考电容是集成的在探头里的，那么代入校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424 中的参考电容值  $C_R$  应该是它最小时的值。

根据校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424 计算出来的电阻电容值，通常需要串联和并联来获得。电阻可以用一大一小串联，最多在小的电阻上再并联一个大电阻，以获得比较准确的阻值。电容基本上不需要并联，它可以有一点偏差。最多并联一个 NPO 低温漂的瓷片电容就可以了（见“电路参数的确定”）。

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

如果采用 PCB 电路板，外接元器件到集成电路的引线要尽可能的短，保证寄生电容尽可能的小。另外对  $C_M$  和  $C_R$  的引线要尽可能的对称。

寄生电容会增加测量电容，参考电容和振荡器电容，直接影响到测量电容的测量。所以要保持寄生电容尽可能的小和稳定。如果使用可弯曲的导线或电路板，那么对  $C_M$  和  $C_R$  应该采用尽可能短的屏蔽的导线。

在小电容测量的时候，就要注意集成电路内部的寄生电容影响。典型的情况是，如果应用封装 SO-16 的集成电路，大概有 5 pF 的寄生电容叠加在管脚 12, 14 和 16 上。

CAV424 的差分测量方法可以减少电磁的干扰。这时可以使  $C_M$  和  $C_R$  尽可能靠近，导线尽可能对称。

在实际应用中，传感器系统的温度系数（TC）通常受到  $C_M$ ,  $C_R$  和  $C_{OSC}$  以及外接元器件比如电阻的温度系数 TC 的影响。要达到最佳的温度特性，振荡电容  $C_{OSC}$  应该采用 NPO 电容（温度系数小），测量电容  $C_M$  和参考电容  $C_R$  的温度系数尽可能相同。

通常在使用和调试 CAV424 电路时要采用防静电措施，比如设备和人员的接地。

注意不可以超过 CAV424 集成电路的电气参数极限值（见表 2）。

### 注意：

1. 如果要用示波器去测试管脚 12,14,16 处的电压，由于测试棒会有一个附加的电容叠加上去，会对信号直接产生影响。如果要测量频率和差分信号的振幅，可以暂时将滤波电容  $C_{F1}$  去掉，然后测量管脚 15 处的信号情况。
2. 在液位仪的应用中，如果测量的液体是导电的，那么测量电极与导电液体必须要相互绝缘。

# CAV424

## 单一或差动电容式信号转换电压输出集成电路

### 封装和管脚

CAV424 封装贴片 SO16(n), 封装尺寸见 [www.analogmicro.de/products/analogmicro.de.en.package.pdf](http://www.analogmicro.de/products/analogmicro.de.en.package.pdf) 。

管脚	名称	简介
1	RCOSC	参考振荡器的电流设定
2	RCR	参考积分器的电流调整
3	RCM	测量积分器的电流调整
4	GAIN	增益调整
5	VOUT	电压输出级
6	VREF	参考电压源 2.5V
7	VTEMP	温度传感器
8	N.C.	空
9	N.C.	空
10	GND	IC - 接地
11	VCC	电源电压
12	COSC	振荡器的电容
13	CF2	低通滤波器 2 级的电容
14	CM	测量电容
15	CF1	低通滤波器 1 级的电容
16	CR	参考电容

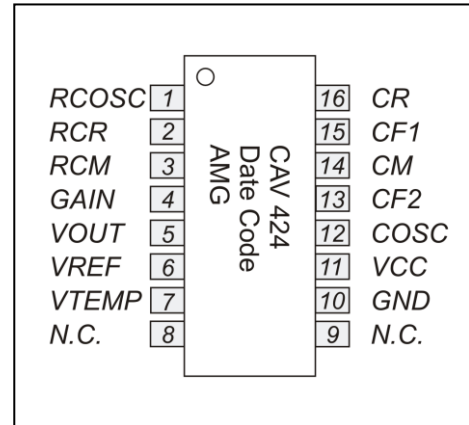


表 4: CAV424 管脚名称

### 封装外型

CAV424 可以提供不同规格的封装外型:

- 16 脚的 SMD 塑封贴片 SO16 (n)
- 管芯片在 5 英寸的绷膜上 (已切割)

### 参考文献

1. 校准软件 Excel-Sheet Kali\_CAV424.xls (<http://www.analogmicro.de/german/products/cav424.htm>)
2. 应用文章 (<http://www.analogmicro.de/german/products/cav424.htm>)
3. 封装尺寸 (<http://www.analogmicro.de/products/analogmicro.de.en.package.pdf>)
4. CAV424 – 裸片尺寸和管脚 (询问)

以上资料仅供参考