



## 6.5V, 2A, 极低噪声、高 PSRR RF 线性稳压器

对标 ADM7172

### 1. 产品特性

- 输入电压：2.3V~6.5V
- 可调输出范围：1.2V~ $V_{IN}-V_{DO}$
- 额定电流：2A
- 低噪声： $5\mu V_{rms}@ (100Hz\sim 100kHz)$
- PSRR：60dB@ (100kHz, 2A)
- 快速瞬态响应：1.5 $\mu s$  (1 mA→1.5 A 负载阶跃)
- 漏失电压：172mV@ ( $I_{OUT}=2A, V_{OUT}=3V$ )
- 静态电流： $I_{GND}=0.7mA$  (空载)
- 低关机电流：13 $\mu A@ (V_{IN}=5V)$
- 高精度使能
- 可调软启动功能
- 可实现与 ADM7172 PIN TO PIN 替代

### 2. 功能描述

C41116(ADJ)是一款可调输出的低压差线性稳压器，可在输入电压范围 2.3V~6.5V 内，输出最高 2A 电流。适宜用于调节 1.2V~6V 输出电压轨的高性能模拟电路及数模混合电路。芯片通过系统架构设计，实现超高 PSRR 和超低噪声指标，同时芯片具有以及出色的线性、负载响应性能，可在 1.5 $\mu s$  时间内实现 1 mA 至 1.5 A 的负载阶跃。本产品可提供 5V 电压固定输出版本 C41116-5V0。

### 3. 产品应用

- 噪声敏感模块供电：数模转换器 (ADC)、模数转换器 (DAC)、锁相环 (PLL)、压控振荡器 (VCO)
- FPGA、DSP

### 4. 裸芯片/封装简介

- 本产品采用 8 引脚双列无引线扁平封装，封装尺寸 3mm×3mm×0.75mm。



## 5. 绝对最大额定值

表 1 绝对最大额定值

参数	范围
$V_{IN}$	-0.3 V ~ +7 V
EN	-0.3 V ~ +7 V
$V_{OUT}$	-0.3 V ~ $V_{IN}$
SENSE	-0.3 V ~ +7 V
SS	-0.3 V ~ $V_{IN}$
储藏温度范围	-65°C ~ +150°C
工作温度范围	-55°C ~ +125°C
工作结温	125°C
引线温度 (焊接, 10 秒)	260°C

(1) 使用中超过这些绝对最大值可能对芯片造成永久损坏。

## 6. 主要电参数

无特别说明,  $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5V$ ,  $EN = V_{IN}$ ,  $I_{OUT} = 10mA$ ,  $C_{IN} = C_{OUT} = 4.7\mu F$ ,  $T_A = -55^\circ C \sim +125^\circ C$

表 2 主要电参数

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	$V_{IN}$		2.3		6.5	V
负载电流	$I_{LOAD}$				2	A
工作电流	$I_{GND}$	$I_{OUT} = 0\mu A$		2.6	4	mA
		$I_{OUT} = 2A$		4.8	8.7	
关断电流	$I_{GND\_SD}$	$EN = GND, V_{IN} = 5V$		13	38	$\mu A$
固定输出电压 精度	$V_{OUT}$	$I_{OUT} = 10mA, T_J = 25^\circ C$	-0.5		1	%
		$100\mu A < I_{OUT} < 2A,$ $V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5V) \sim 6.5V$	-1.5		1.5	
可调输出电压 精度	$V_{SENSE}$	$I_{OUT} = 10mA$	1.194	1.200	1.212	V
		$100\mu A < I_{OUT} < 2A,$ $V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5V) \sim 6.5V$	1.182		1.218	
SENSE 输入 偏置电流	$SENSE_{I-BIAS}$	$100\mu A < I_{OUT} < 2A, V_{IN} = (V_{OUT} + 0.5V) \sim 6.5V$		1		nA
输出噪声 <sup>(1)</sup>	OUTNOISE	10Hz~100kHz		6		$\mu V_{rms}$
		100Hz~100kHz		5		
噪声密度 <sup>(1)</sup>		100Hz		110		nV/ $\sqrt{Hz}$
		1kHz		40		



		10kHz		20		
		100kHz		12		
电源抑制比	PSRR	100kHz, $V_{OUT}=5V$ , $V_{IN}=6V$ , $I_{OUT}=1.5A$ , $C_{SS}=0nF$		60		dB
		100kHz, $V_{OUT}=5V$ , $V_{IN}=5.5V$ , $I_{OUT}=1.5$ , $C_{SS}=0nF$		53		
		100kHz, $V_{OUT}=5V$ , $V_{IN}=5.3V$ , $I_{OUT}=1.5A$ , $C_{SS}=0nF$		30		
		1MHz, $V_{OUT}=5V$ , $V_{IN}=6V$ , $I_{OUT}=1.5A$ , $C_{SS}=0nF$		31		
		1MHz, $V_{OUT}=5V$ , $V_{IN}=5.5V$ , $I_{OUT}=1.5A$ , $C_{SS}=0nF$		30		
		1MHz, $V_{OUT}=5V$ , $V_{IN}=5.3V$ , $I_{OUT}=1.5A$ , $C_{SS}=0nF$		20		
线性调整率	$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	$V_{IN}=V_{OUT}+0.5V\sim 6.5V$	-0.10		+0.10	%/V
负载调整率	$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{OUT}$	$I_{OUT}=100\mu A\sim 2A$		0.1	0.3	%/A
漏失电压	$V_{DROPOUT}$	$I_{OUT}=500mA$ , $V_{OUT}=3V$		60	110	mV
		$I_{OUT}=1A$ , $V_{OUT}=3V$		110	200	
		$I_{OUT}=2A$ , $V_{OUT}=3V$		210	300	
VOUT 下拉电阻	$V_{OUT-PULL}$	$EN=0V$ , $V_{OUT}=1V$		11		k $\Omega$
负载阶跃响应时间	tTR-REC	$I_{OUT}=1mA\rightarrow 1.5A$		1.5		$\mu s$
开启时间	tSTARTUP	$C_{SS}=0nF$ , $V_{OUT}=5V$		200		$\mu s$
		$C_{SS}=1nF$ , $V_{OUT}=5V$		0.8		ms
软启动电流	$I_{SS}$	$V_{IN}=5V$	0.5	1	1.5	$\mu A$
限流点	$I_{LIMIT}$		2.4	3.3	3.9	A
过温保护	$T_{SSD}$			150		$^{\circ}C$
热关断迟滞	$T_{SSD\_HYS}$			15		$^{\circ}C$
欠压锁定						
输入电压上升	$UVLO_{RISE}$				2.28	V
输入电压下降	$UVLO_{FALL}$		1.94			V
迟滞电压	$UVLO_{HYS}$			200		mV
使能输入逻辑电平						
EN 输入高电平	$EN_{STYB-HIGH}$	$V_{IN}=2.3V\sim 6.5V$	1.1			V
EN 输入低电平	$EN_{STYB-LOW}$	$V_{IN}=2.3V\sim 6.5V$			0.4	V
精准使能输入						
EN 输入高电平	$EN_{HIGH}$	$V_{IN}=2.3V\sim 6.5V$	1.1	1.2	1.27	V
EN 输入低电平	$EN_{LOW}$	$V_{IN}=2.3V\sim 6.5V$	1.01	1.1	1.16	V
EN 输入迟滞	$EN_{HYS}$	$V_{IN}=2.3V\sim 6.5V$		100		mV
EN 输入漏电流	$I_{EN-LKG}$	$EN=VIN$ 或GND		5	10	$\mu A$
EN 输入延时	$T_{EN-DLY}$	EN从0V上升至VIN输出 $0.1V\times V_{OUT}$		130		$\mu s$



(1)设计保证。

## 7. 功能框图及引脚介绍

### 7.1 功能框图

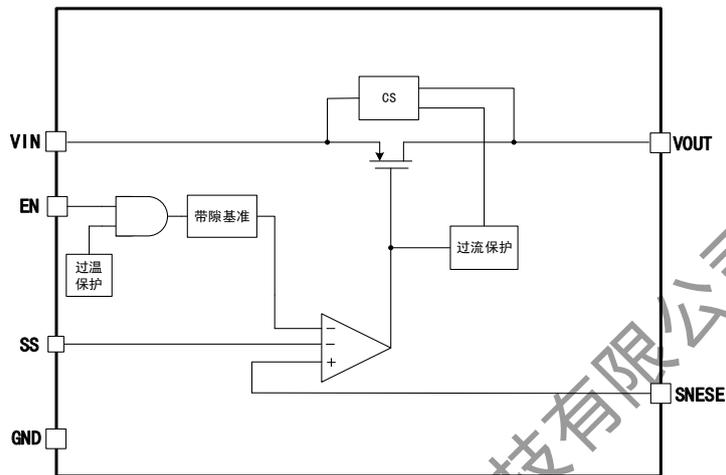


图 1 功能框图

### 7.2 引脚介绍

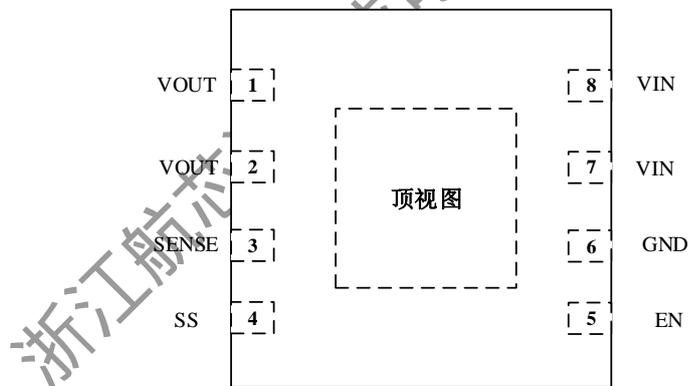


图 2 引脚分布图

表 3 引脚功能说明

引脚序号	引脚名称	功能描述
1、2	VOUT	电压输出引脚。使用至少 1 个 4.7 $\mu$ F 电容旁路至地。
3	SENSE	SENSE 输入脚。将该引脚尽可能近的连接至负载以获得最佳负载调节效果，使用一个外部分压电阻进行输出电压的调节。
4	SS	软启动引脚。使用一个 1nF 的外部电容可获得 1ms 的软启动时间。
5	EN	使能引脚。使能高启动芯片，使能低关断芯片，可将该引脚连接至 VIN 以实现开关自动控制。



6	GND	地引脚。
7、8	VIN	电压输入引脚。使用至少 1 个 4.7 $\mu$ F 电容旁路至地。
9	EP	热沉。位于芯片底部，与 GND 电气连接，建议将该焊盘连接至 PCB 的接地层。

## 8. 应用说明

C41116(ADJ)是一款输出可调节的低压差线性稳压器，可在输入电压范围 2.3V~6.5V 内，输出最高 2A 电流。适宜用于调节 1.2V~6V 输出电压轨的高性能模拟电路及数模混合电路。芯片通过系统架构设计，实现超高 PSRR 和超低噪声指标，同时芯片具有以及出色的线性、负载响应性能，可在 1.5 $\mu$ s 时间内实现 1 mA 至 1.5 A 的负载阶跃。

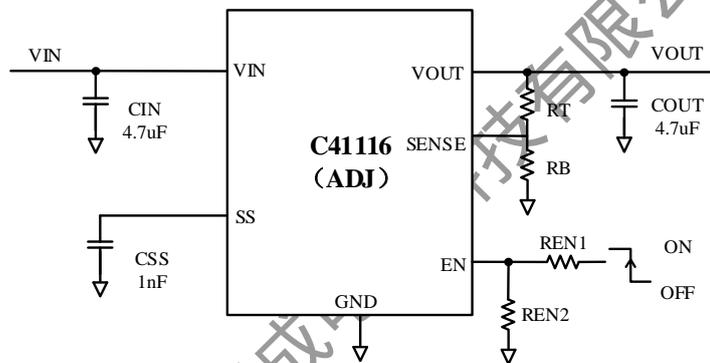


图 3 芯片典型应用（可调输出）

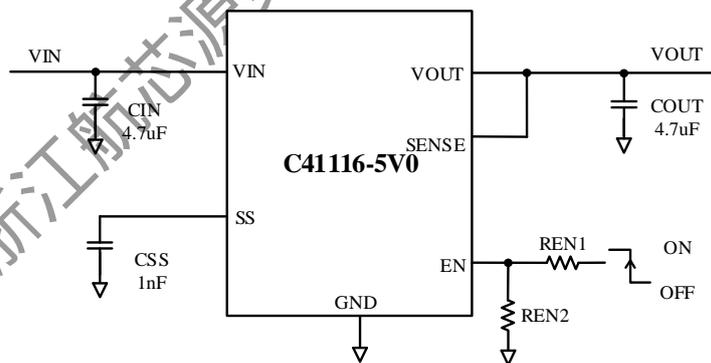


图 4 芯片典型应用（5V 固定输出）

### 8.1 输入电容 CIN

器件输入引脚和接地引脚环路之间需要一个大约 4.7 $\mu$ F 的输入电容，尤其是遇到较长的输入走线以及高源阻抗情况下。在此应用中，建议使用典型的 X5R 或更高等级的陶瓷电容。该输入电容必须靠近器件，以确保输入稳定性。



## 8.2 输出电容 COUT

对于瞬态稳定性，C41116(ADJ)/C41116-5V0专门设计使用非常小的陶瓷输出电容，但是需要关注常用的陶瓷电容的ESR值，输出电容的ESR值会影响LDO控制环路的稳定性。并且较高的输出电容值也有助于改善瞬态响应。在此应用中，建议最小使用4.7μF输出电容（X7R或X5R，10mΩ至50mΩ ESR范围）。

## 8.3 输出电压设定

C41116(ADJ)芯片输出电压在1.2V~V<sub>IN</sub>-V<sub>DO</sub>之间可调，在R<sub>B</sub>中使用一个低于200kΩ的电阻可最小化由SENSE脚的输入电流造成的输出电压误差

可调的输出电压建议使用1%精度或者更高精度的电阻实现，具体计算公式如下：

$$V_{OUT}=1.2V \times (1+R_T/R_B)$$

## 8.4 使能端

EN引脚可以控制整个芯片的工作状态，当EN上升电压高于阈值时，V<sub>OUT</sub>开启，当EN下降电压超过阈值时，V<sub>OUT</sub>关闭。可将该引脚连接至V<sub>IN</sub>以实现开关自动控制。

## 8.5 软启动

C41116(ADJ)/C41116-5V0可使用软启动引脚来限制当输出电压使能时出现的浪涌电流，器件5V工作时，软启动时间大约在200μs（EN超过阈值至输出电压达到设定值的90%）。对于需要调节启动时间的应用场景，C41116(ADJ)/C41116-5V0可提供软启动时间编程功能，可用一个陶瓷电容从SS端连接到GND，其计算公式如下：

- $SS_{TIME}=t_{START-UP} + (0.6 \times C_{SS})/I_{SS}$
- $t_{START-UP}$  为软启动初始值0.2ms
- $C_{SS}$ 是SS外接电容，以F为单位
- $I_{SS}$  为软启动电流（典型值为1μA）

## 8.6 可编程精确使能

C41116(ADJ)/C41116-5V0可使用使能引脚去控制V<sub>OUT</sub>的工作状态，当EN上升电压达到典型值1.2V的阈值时，V<sub>OUT</sub>输出，当EN下降电压达到典型值1.1V阈值时，V<sub>OUT</sub>关断。该上升及下降阈值可使用外部电阻进行编程，具体计算公式为：

- $R_{EN1} = R_{EN2} \times (V_{IN}-1.2V)/1.2V$
- $R_{EN2}$ 通常在10 kΩ~100 kΩ之间选取



## 8.7 输出可调模式下的降噪

C41116-5V0固定输出模式通过内部单位增益的误差放大器以及将器件的基准电压设置为输出电压来实现极低噪声，然而C41116(ADJ)的架构也允许使用外部分压器将任何固定输出电压设置为更高的电压。但这种做法的缺点在于其噪声会随输出电压值成倍增大，所以最好选择一个接近目标电压的输出电压来尽可能地减小噪声。

对于可调输出版本，为降低误差放大器的交流增益，可在应用电路上增加与 $R_T$ 并联的 $C_{NR}$ 和 $R_{NR}$ 以获得与固定输出版本相似的噪声性能。 $R_{NR}$ 选择阻值比 $R_B$ 小的规格，当 $R_{NR}$ 的值在 $1\% * R_T \sim 10\% * R_B$ 之间时，误差放大器的交流增益大概在 $0.1\text{dB} \sim 0.8\text{dB}$ 左右，实际增益由 $R_{NR}$ 和 $R_T$ 的并联组合决定，在 $0.5\text{ Hz} \sim 10\text{ Hz}$ 的频率之间，通过将 $C_{NR}$ 的电抗设置为等于 $R_T - R_{NR}$ 来选择 $C_{NR}$ 。具体应用见下图。

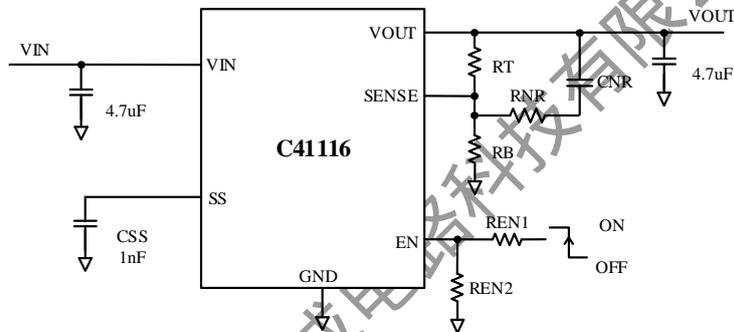


图 4 C41116(ADJ)噪声优化应用图

- $\text{Noise} = 5\mu\text{V} \times (R_{\text{PAR}} + R_B) / R_B$
- $R_{\text{PAR}}$  为 $R_T$ 和 $R_{NR}$ 并联后得到的值

## 8.8 降噪对器件启动时间的影响

在上电时序有严格要求的电路中，需要格外关注降噪应用对器件开启时间的影响，它会减慢电路开启时间，启动时间可参照以下公式进行计算：

- $\text{SS}_{\text{NR}}\text{TIME (sec)} = 5.5 \times C_{\text{NR}} \times (R_{\text{NR}} + R_T)$

## 8.9 过流保护

该器件具有过流保护功能以防止过度功耗而造成的损坏，在输出负载达到3A时芯片限流，当超过3A时，输出电压降低以维持恒定的输出电流。

## 8.10 散热考虑因素

C41116(ADJ)/C41116-5V0可在整个工作结温范围内提供高达2A的电流。但是，最高输出电流必须在较高的环境温度下降低以确保结温不超过 $150^\circ\text{C}$ ，当结温超过 $150^\circ\text{C}$ 时，芯片进入热关机状态，在结温降至 $135^\circ\text{C}$



以下时，芯片恢复工作。

在所有可能的条件下，结温必须在操作条件的指定范围内。功耗可根据输出电流和调节器两端的压降来计算。

$$P_D = ((V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{LOAD}) + (V_{IN} \times I_{GND})$$

任何条件的最终工作结温可通过以下热方程估算：

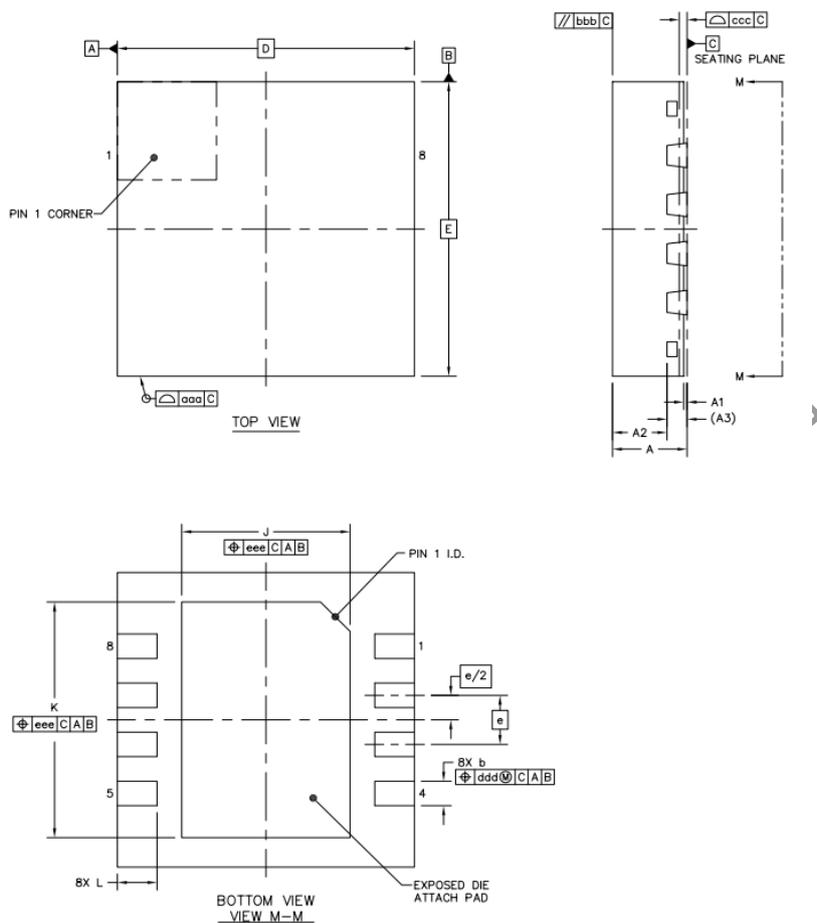
$$P_{D(MAX)} = (T_{J(MAX)} - T_A) / \theta_{JA}$$

其中 $T_{J(MAX)}$ 是芯片的最高结温， $T_A$ 是最高环境温度。

浙江航芯源集成电路科技有限公司



## 9. 芯片外形尺寸



尺寸符号	符号 (mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.7	0.75	0.8
A1	0	0.035	0.05
A2	-	0.55	0.57
A3	-	0.203	-
b	0.2	0.25	0.3
D	-	3	-
E	-	3	-
e	-	0.5	-
J	1.5	1.7	1.8
K	2.3	2.4	2.5
L	0.35	0.4	0.45

图 5 封装尺寸图



## 10. 版本说明

产品型号	编制时间	版本编号	修订记录
C41116(ADJ)/C41116-5V0	2022.01.27	Rev.1	初始版本
C41116(ADJ)/C41116-5V0	2022.04.11	Rev.2	统一修正

浙江航芯源集成电路科技有限公司