

10位360°磁旋转编码器

产品特性

- 无触点式高分辨率 360°旋转式位置编码器
- 支持串行通信接口(SSI)
- 10-bit 的脉冲宽度调制输出
- 正交 A/B 和索引输出信号
- 直流无刷电机的三相换向
- 旋转速率高达 10000 Rpm
- 使用菊链模式读取多个互联设备的信息
- 工作温度范围广：-40°C—125°C
- SSOP16 封装

应用领域

- 工业应用
 - 无接触式旋转位置检测
 - 工业机器人
 - 无刷直流电机换向
- 汽车应用
 - 方向盘位置检测
 - 大灯位置控制
 - 油门位置检测

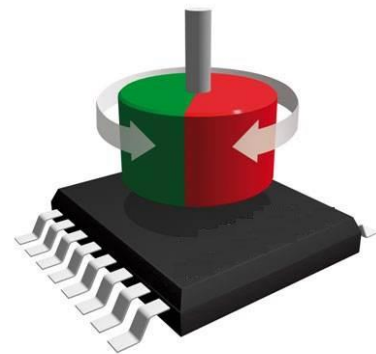
产品描述

SC60104 是一款无接触式旋转编码器，用于精确测量整个 360° 内的角度。此产品是一个片上系统，在单个封装内整合了集成式 Hall 元件、模拟前端和数据处理功能。

绝对角度测量能够实时提供磁体的角位置，其分辨率达到 0.35°，即每圈 1024 个位置。数字化数据能够以串行比特流或 PWM 信号的形式输出。

内部稳压器使得 SC60104 能在 3.3V 或 5V 的电源下正常工作。该芯片适合替换各种光学编码器。

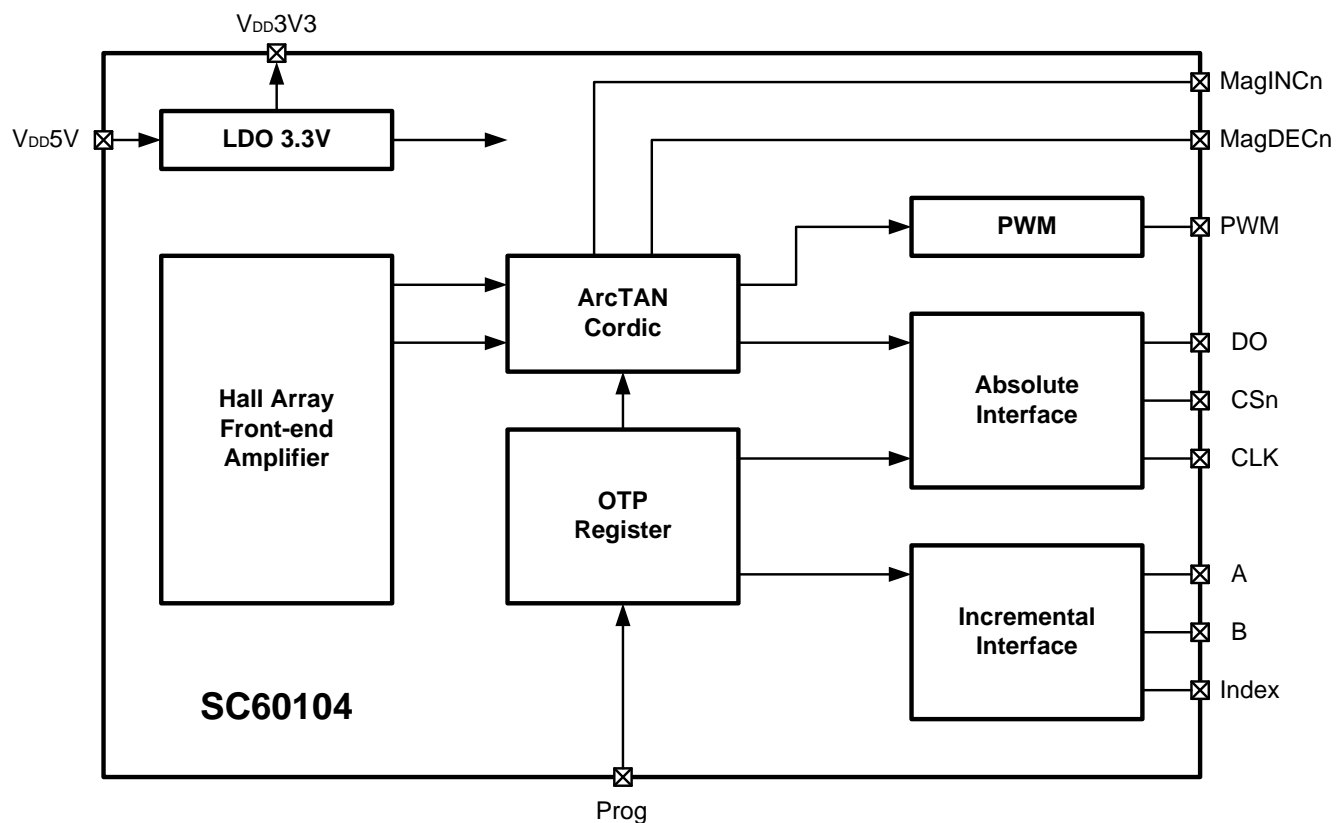
SC60104 采用 16 脚的 SSOP 封装，亚光镀锡，采用无卤绿料，满足环保要求。



目录

产品特性.....	1 -	功能描述.....	11 -
应用领域.....	1 -	SSI 接口.....	12 -
产品描述.....	1 -	菊链模式.....	14 -
功能框图.....	3 -	增量输出.....	15 -
订货信息.....	3 -	脉宽调制输出.....	16 -
引脚描述.....	4 -	无刷直流电动机换向模式.....	17 -
极限参数.....	6 -	3.3V/5V 工作.....	18 -
静电保护.....	6 -	封装信息.....	19 -
工作参数.....	7 -	历史版本.....	20 -
工作参数 (续).....	8 -		
工作参数 (续).....	9 -		
工作参数 (续).....	10 -		

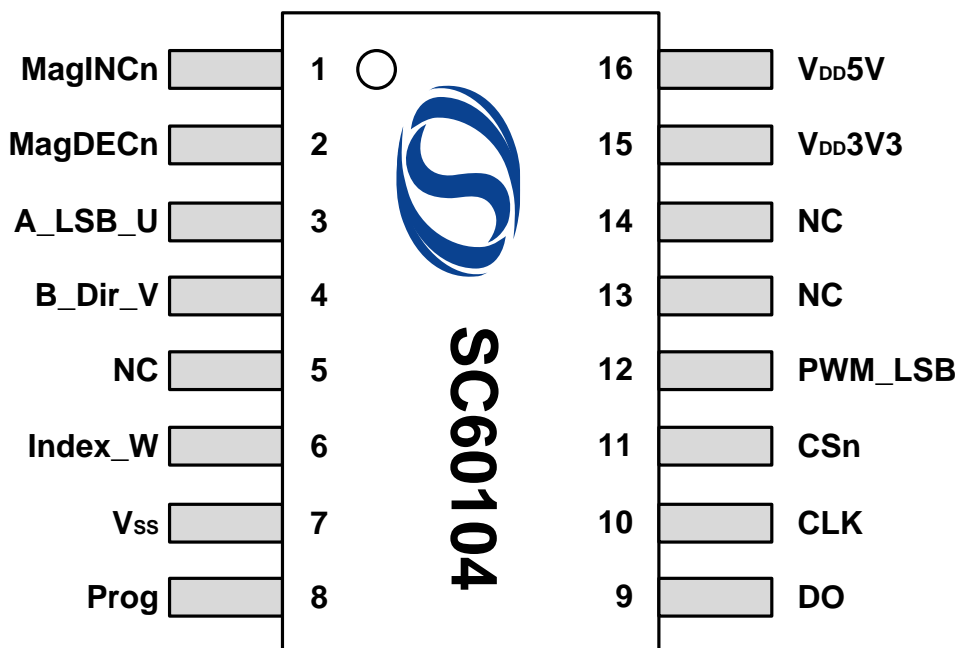
功能框图



订货信息

型号	包装	封装	工作温度	丝印
SC60104SP	1000 颗/盘	16-pin SSOP	-40°C ~ 125°C	60104

引脚描述



脚 1, 2 是磁场变化指示引脚, 可以用来检测有效的磁场范围, 还能实现无接触式按钮功能。

脚 3, 4, 6 是增量式脉冲输出脚, 能够通过可编程的 OTP 寄存器来设置。

脚 8 用于 OTP 内编程设置不同的增量接口模式、增量分辨率和零位。菊链配置模式下, 此引脚也用作数字输入, 将串行数据移位通过器件。

脚 11 为片选 (CSn: 低电平有效), 可在该编码器网络内选定任一器件并启动数据串行数据传输。CSn 接逻辑高电平时, 可将数据输出引脚 (DO) 置为三态, 并终止串行数据输出。脚 11 也用于对准模式以及编程模式。

脚 12 允许单根连线输出 10 位绝对位置值。此数值被编码成脉宽调制信号, 脉宽的步长为 $1\mu\text{S}$ (一整圈为 $1\mu\text{S}$ 到 $1024\mu\text{S}$)。通过使用外部低通滤波器, 数字 PWM 信号可以转换成模拟电压, 从而直接取代电位器。

端口		类型	描述
名称	脚序		
MagINCn	1	DO_OD	磁场强度增加指示，低电平有效
MagDECn	2	DO_OD	磁场强度减弱指示，低电平有效
A_LSB_U	3	DO	模式 1.x: 正交 A 通道 模式 2.x: 最少有效位数 模式 3.x: U 信号 (相位 1)
B_Dir_V	4	DO	模式 1.x: 正交 B 通道，与 A 通道存在四分之一周期的相移 模式 2.x: 旋转方向 模式 3.x: V 信号 (相位 2)
NC	5	--	必须保持开路
Index_W	6	DO	模式 1.x 和模式 2.x: Index 信号指示绝对值零位 模式 3.x: W 信号 (相位 3)
V _{SS}	7	Ground	负供电电压
Prog	8	DI_PD	菊链模式下 OTP 编程输入和数据输入
DO	9	DO_T	同步串行接口的数据输出
CLK	10	DI, ST	同步串行接口的时钟输入，施密特触发器输入
CSn	11	DI_PU, ST	片选，低电平有效
PWM_LSB	12	DO	PWM 输出
NC	13	--	必须保持开路
NC	14	--	必须保持开路
V _{DD3V3}	15	Supply	3.3V 调节器输出
V _{DD5V}	16	Supply	5V 正电源电压

Pin 类型的缩写:

- DO_OD : 数字输出，漏极开路
- DO : 数字输出
- DI_PD : 数字输入，带下拉
- DI_PU : 数字输入，带上拉
- DI : 数字输入
- DO_T : 数字输出 / 三态
- ST : 施密特触发器输入

极限参数

参数	符号	备注	最小值	最大值	单位
直流供电电压 V_{DD}	V_{DD}		-0.3	7	V
瞬态电压 V_{DD}	V_{DDT}	瞬态	--	7	V
3.3V 直流电压	--		-0.3	5	V
3.3V 瞬态电压	--	瞬态	--	5	V
输出脚电压	V_{in}		-0.3	7	V
输出电流	I_{SCR}	无锁定	-100	100	mA
工作环境温度	T_A		-40	150	°C
储存温度	T_{STG}		-65	165	°C
最大结温	$T_{J(max)}$		--	165	°C

注意：高于此处列出的压力可能会导致器件永久损坏。长时间暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性

静电保护

人体模型(HBM)试验按 JEDEC EIA/JESD22-A114 标准进行测试

参数	参数	限定值		单位
		最小值	最大值	
静电防护 (HBM)	V_{ESD}	-4	4	kV

工作参数

工作温度范围内, ($V_{DD5V} = 4.5V$ 至 $5.5V$, $C_{bypass} = 0.1\mu F$; 除非另有说明)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
操作环境						
环境温度	T_A	--	-40.0	--	125	°C
电源电流	I_{DD}	--		16	21	mA
电源电压 V_{DD5V}	V_{DD5V}	--	4.5	5	5.5	V
V_{DD5V} 和 V_{DD3V3} 的电源电压	V_{DD3V3}	--	3	3.3	3.6	V
CMOS 施密特触发输入: CLK, CSn (CSn=内部上拉)						
高电平输入电压	V_{IH}	--	$0.7 \cdot V_{DD5V}$	--	--	V
低电平输入电压	V_{IL}	--	--	--	$0.3 \cdot V_{DD5V}$	V
施密特触发磁滞	$V_{on} - V_{off}$	--	1	--		V
输入漏电流上拉 低电平输入电流	I_{leak}	CLK only	-1	--	1	μA
	I_{iL}	CSn only, $V_{DD5V}: 5.0V$	30	--	-100	μA
CMOS 输出开路漏极: MagINCn, MagDECn						
低电平输出电压	V_{OL}	--	--	--	0.4	V
输出电流	I_o	$V_{DD5V}: 4.5V$	--	--	4	mA
		$V_{DD5V}: 3.0V$	--	--	2	mA
开路漏极漏电流	I_{oz}	--	--	--	1	μA
CMOS 输出: A, B, Index, PWM						
高电平输出电压	V_{OH}	--	$V_{DD5V} - 0.5$	---	--	V
低电平输出电压	V_{OL}	--	--	--	0.4	V
输出电流	I_o	$V_{DD5V}: 4.5V$	--	--	4	mA
		$V_{DD5V}: 3.0V$	--	--	2	mA

工作参数 (续)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
三态 CMOS 输出:DO						
高电平输出电压	V _{OH}	--	V _{DD} 5V-0.5	--	--	V
低电平输出电压	V _{OL}	--	--	--	0.4	V
输出电流	I _o	V _{DD} 5V:4.5V	--	--	4	mA
		V _{DD} 5V:3.0V	--	--	2	mA
三态漏电流	I _{oz}	--	--	--	1	μA
磁输入标准						
直径	d _{mag}	Φ 6mmX2.5mm for cylindrica Magnets	4	6	--	mm
厚度	t _{mag}		2.5	--	--	mm
场幅度	B _{pk}	--	45	--	75	mT
磁偏差	B _{off}	Constant magnetic stray field	--	--	±10	mT
场非线性积分		Including offset gradient	--	---	5	%
输入频率(磁铁的旋 转速率)	f _{mag_abs}	Absolute mode:600rpm	--	--	10	Hz
	f _{mag_inc}	Incremental mode:up to 30000rpm	--	--	500	Hz
偏离半径	Disp	Max,X-Y offset between defined IC package center and magnet axis	--	--	0.25	mm
		Max,X-Y offset between defined IC chip center and magnet axis	--	--	0.485	mm
芯片放置误差		Placement tolerance of chip within IC package	--	--	±0.235	mm
电气系统规范						
分辨率	RES		--	--	10	bit
7 bit	LSB	Adjustable resolution only available for incremental output modes:Least significant bit,minimum step	--	2.813	--	deg
8 bit			--	1.406	--	deg
9 bit			--	0.703	--	deg
10 bit			--	0.352	--	deg

工作参数 (续)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
积分非线性(最佳)	INL _{opt}	Maximum error with respect to the best line fit, T _{amb} =25°C	--	--	±0.9	deg
积分非线性(最佳)	INL _{temp}	Maximum error with respect to the best line fit, T _{amb} =-40°C to 125°C	--	--	±1.4	deg
积分非线性	INL	Best line fit=(Err _{max} -Err _{min})/2 Over displacement tolerance, T _{amb} =-40°C to 125°C	--	--	±2.8	deg
微分非线性	DNL	10 bit,no missing codes	--	--	±0.176	deg
过渡区噪声	TN	RMS equivalent to 1 sigma	--	--	0.12	deg
磁滞	Hyst	Incremental modes only	--	0.704	--	deg
电压上电复位阈值;300mV。滞后	V _{on}	DC supply voltage 3.3V	1.37	2.2	2.9	V
上电复位阈值切断电压;300mV。迟滞	V _{off}	DC supply voltage 3.3V	1.08	1.9	2.6	V
上电时间	t _{PwrUP}	Until offset compensation finished	--	--	50	ms
系统传播延迟绝对输出	t _{delay}	Includes delay of ADC and DSP	--	--	48	µs
系统传播延迟绝对输出		Calculation over two samples	--	--	192	µs
同步串行接口 (SSI)						
数据输出激活	t _{DOactive}	Time between falling edge of CSn and data output activated	--	--	100	ns
第一个数据移位到输出寄存器	t _{CLKFE}	Time between falling edge of CSn and first falling edge of CLK	500	--	--	ns

工作参数 (续)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
开始数据输出	$t_{CLK/2}$	Rising edge of CLK shifts out one bit at a time	500	--	--	ns
数据输出有效	$t_{DOvalid}$	Time between falling edge of CSn and data output valid	357	--	413	ns
数据输出三态	$t_{DOtristate}$	After the last bit DO changes back to "tristate"	--	--	100	ns
CSn 的脉冲宽度	t_{CSn}	CSn=high;TO initiate read-out of next angular position	500	--	--	ns
读出频率	f_{CLK}	Clock frequency to read out serial data	>0	--	1	MHz
脉宽调制输出						
PWM 频率	f_{PWM}	Signal period=1025us \pm 5% at $T_{amb}=25^{\circ}C$	0.927	0.976	1.024	KHz
		Signal period=1025us \pm 5% at $T_{amb}=-40^{\circ}C$ to $125^{\circ}C$	0.878	0.976	1.074	KHz
最小带宽	PW_{MIN}	Position 0d;angle 0 degree	0.9	1	1.1	μs
最大带宽	PW_{MAX}	Position 1023d;angle 395.65 degree	922	1024	1126	μs
增量输出						
加电后增量输出有效	$t_{incremental}$	Time between first falling edge of CSn after power-up and valid incremental outputs	--	--	500	ns
增量指标有效	t_{Dir}	Time between rising or falling edge of LSB output and valid directional indication	--	--	500	ns

功能描述

SC60104 采用 CMOS 标准工艺生产，并采用了一种旋转电流霍尔技术，用来检测芯片表面上的磁场分布。

内置的 Hall 元件围绕芯片的中心位置分布，并产生一个表征芯片表面磁场的电压。

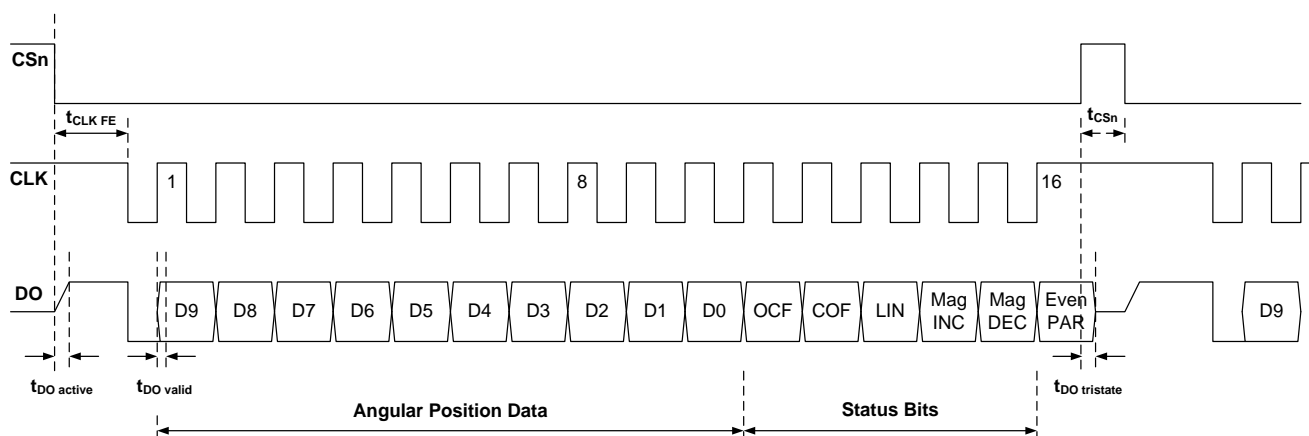
通过 σ - δ 模拟/数字转换技术和 DSP 算法，器件可提供精确的高分辨率绝对值角度信息。为了实现这一功能，采用了坐标旋转数字计算机算法来计算角度以及 Hall 阵列的信号幅值。

DSP 也用于提供 MagINCn 和 MagDECn 输出的数字信息，指示所使用的磁铁靠近或远离芯片表面的运动情况。

采用和一块小型、低成本、径向磁化（双极）标准磁铁，即可提供角度位置信息。SC60104 能够检测磁场的方位，并计算出 10 位二进制编码。可以通过同步串行接口（SSI）读取此编码值。此外，引脚 12（PWM）还可输出代表绝对值角度的脉宽调制信号。

SSI 接口

同步串行接口与绝对角位置数据



如果 CSn 变化为逻辑低电平，DO 会从高阻抗变化到逻辑高电平，并启动读取操作。

- 在经过最短时间 $t_{CLK FE}$ 后，数据会在第一个 CLK 下降沿锁存至输出移位寄存器
- 每个后续的 CLK 上升沿将移出 1 位数据
- 串行字符包含 16 位，前 10 位是角度信息 D[9:0]，后 6 位包含系统信息，涉及数据的有效性，诸如 OCF、COF、LIN、奇偶性和磁场状态等数据的有效性
- 通过 CSn 处的逻辑“高”脉冲启动下一次测量，CSn 的最小持续时间为 t_{CSn} 。

数据内容：

- D9:D0 绝对角度位置数据
- OCF（偏差补偿完成）逻辑高电平表示偏差补偿算法执行完毕，为了实现快速启动，可以通过外部微控制器查询此位。一旦 OCF 置位，则表明 SC60104 已经完成启动，并且数据有效。
- COF（CORDIC 溢出）逻辑高电平表示 CORDIC 单元出现了超范围的错误。COF 置位时，D9:D0 的数据失效。绝对值输出保留最后一个有效的角度值。
- LIN（线性度警报）逻辑高电平表示输入磁场产生了严重的输出线性度问题。LIN 置位时，D9:D0 的数据仍然可以使用，但可能包含无效数据。通过将磁铁位置调整至 X-Y-Z 容限以内，可以消除此项警报。
- MagINCn（磁场增加）逻辑高电位代表了磁铁被推向靠近 IC 的位置

- MagDECn (磁场减少) 逻辑高电位代表了磁铁被拉至远离 IC 的位置
- 当均为 MagINCn、MagDECn 逻辑高时, 表明磁场强度超出了所允许的范围。

MagINCn	MagDECn	描述
0	0	间距无变化, 磁场输入正常
0	1	间距增大:拉离功能。此状态是动态变化的, 只有当磁铁在 Z 轴方向远离芯片时有效。
1	0	间距缩短:按下功能。此状态是动态变化的, 只有当磁铁在 Z 轴方向接近芯片时有效
1	1	磁场输入无效-超出范围:过强, 过弱 (磁铁缺失)

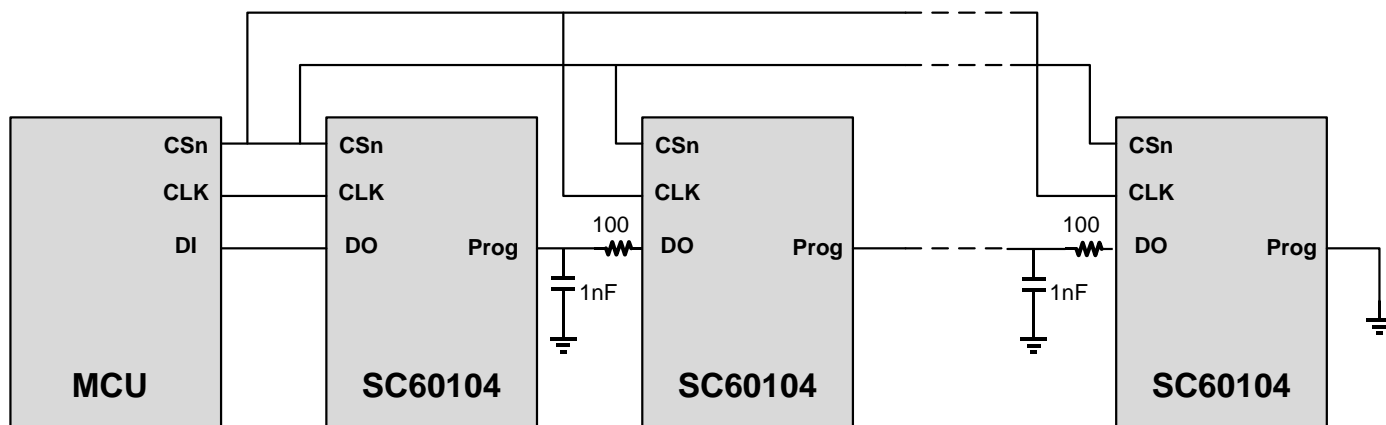
注意: 引脚 1 和 2 (MagINCn, MagDECn) 是漏极开路输出, 需要外部上拉电阻。如果磁场在范围内, 则两个输出均关闭

- 偶数奇偶校验位用于检测传输错误的 bit 1-15 (D9 to D0, OCF, COF, LIN, MagINCn, MagDECn)。绝对值角度输出总是设置位 10 位分辨率, 将磁铁安装在芯片上方时, 缺省情况下, 角度数值沿顺时针方向增加。当状态数据点具有下列参数时, D9:D0 的数据是可用的。

OCF	COF	LIN	MagINCn	MagDECn	Parity
1	0	0	0	0	位的偶校验和 1:15
			0	1	
			1	0	

- 绝对角度位置是以 10kHz 的频率采样。这样可以在 0.1 秒内 360 度的读取所有 1024 个位置 = 9.76 Hz (~10Hz) 而不会错失任何位置, 将 10Hz 乘以 60, 结果对应的最高转速为 600 rpm, 每两个角度位置读取一次, 可以达到最高 1200rpm 的旋转速率。
- 因此, 增加旋转速率会减少每圈读取的绝对角度位置的数量。无论所读取的旋转速率或位置数量是多少, 绝对角度数值总是采用 10 位最高分辨率。
- 由于采用可插补器, 增量输出不受旋转速率限制的影响。增量输出信号可以应用在旋转速率高达 10000rpm 的高速应用中, 而不丢失脉冲。

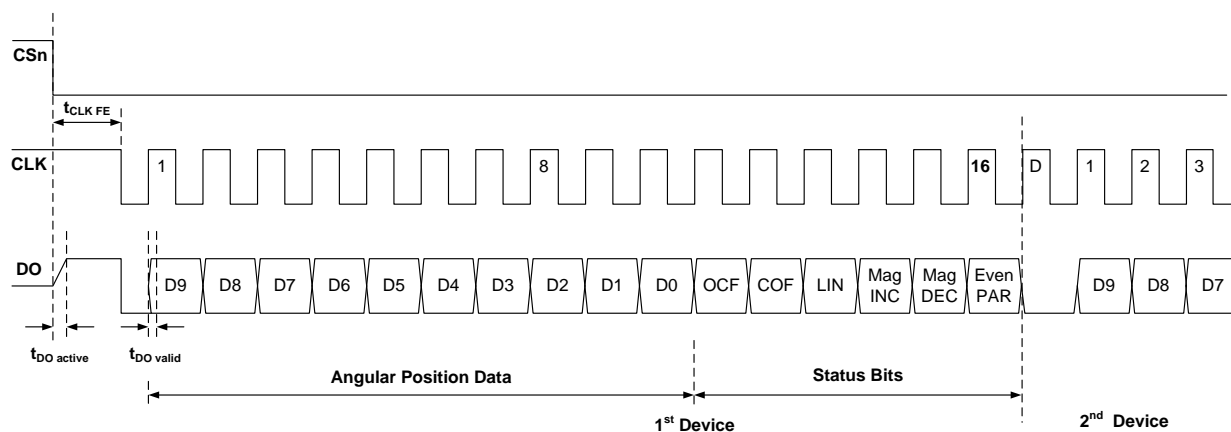
菊链模式



在菊花链模式下，Prog 引脚直接连接至链路中下一个器件的 DO 引脚。在编程过程中，必须在引脚的 Prog 上施加 7.5V 的编程电压，此电压超过了引脚 DO 的限制，所以编程过程中必须采取以下预防措施之一：

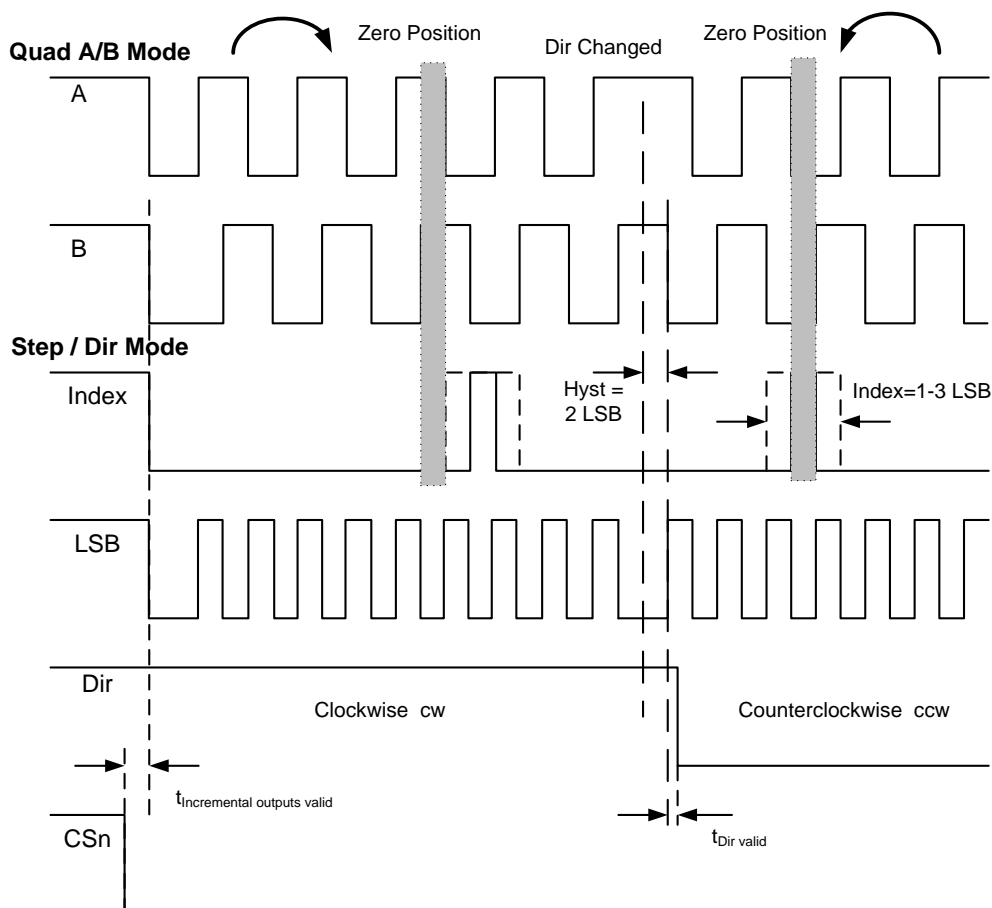
- 在编程期间将 DO→Prog 的接线开路
- 在 DO 与 Prog 之间加装一个肖特基二极管（阳性=DO,阴性=Prog）

串行比特流的长度随着每个连接设备的增加而增加，他的长度是 $n * (16+1)$ 位。第一个设备所输出的最后数据位是伴随着一个逻辑低电位和第二个设备的第一个数据位 (D9)，以此类推。



增量输出

芯片提供 3 种可能的增量输出模式，正交 A/B 为缺省模式。下图显示了顺时针和逆时针方向的双通道正交以及步进/方向增量信号和方向位。



正交 A/B 输出（正交 A/B 模式）

通道 A 和通道 B 之间的相移表示磁体移动的方向。磁铁顺时针（俯视）旋转时，通道 A 超前通道 B 电气角度 90 度。逆时针方向旋转时，通道 B 的相位超前于通道 A。

LSB 输出（步进/方向模式）

LSB 输出反映编程设置的增量分辨率(OTP 寄存器位 Div0、Div1)下的 LSB(最低有效位)。Dir 输出提供了磁铁旋转的方向信息，磁铁可能被安装在器件的上方或下方。每次 LSB 更改都会更新 Dir。

在这两种模式(正交 A/B 和步进/方向)的分辨率和指数输出是用户可编程的。Index 脉冲用于指示零位，并且缺省情况下宽带为 1 个角度步长 (1LCSB)。但是，脉冲也可以通过编程 OTP 寄存器内的 Index 位而设置为 3 个 LSB。

增量输出迟滞

磁铁位于静止位置时，为了避免增量输出产生抖动，引入了一个回滞。当旋转方向改变时，增量输出的滞后量为 2 LSB。无论编程的增量分辨率多少，2 LSB 的迟滞始终对应 10 位的最高分辨率。在绝对条件下，所有分辨率下这个滞回总是设置为 0.704 度。

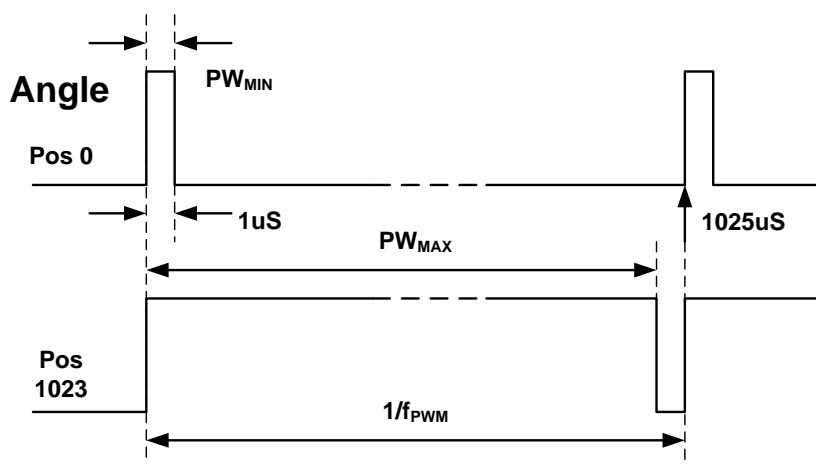
对于恒定不变的旋转方向，增量输出会指示磁铁的每一个位置改变。例如，如果磁铁从位置“x+3”顺时针旋转到“x+4”，增量输出也将相应地显示这个位置。磁铁旋转方向回到“x+3”位置意味着，增量输出在 2 LSB 时间内仍然保持不变，直到到达“x+2”位置。按照这个方向，增量输出将再次随着磁体位置的每次改变而更新。

脉宽调制输出

SC60104 提供脉宽调制输出(PWM)，其占空比与测量角度成正比。

$$\text{Position} = t_{\text{on}} \times 1025 / (t_{\text{on}} + t_{\text{off}}) - 1$$

PWM 的频率经过内部调节，精度可达±5%的精度(±10%的全温度范围)。通过计算占空比，可以消除这种容限误差。

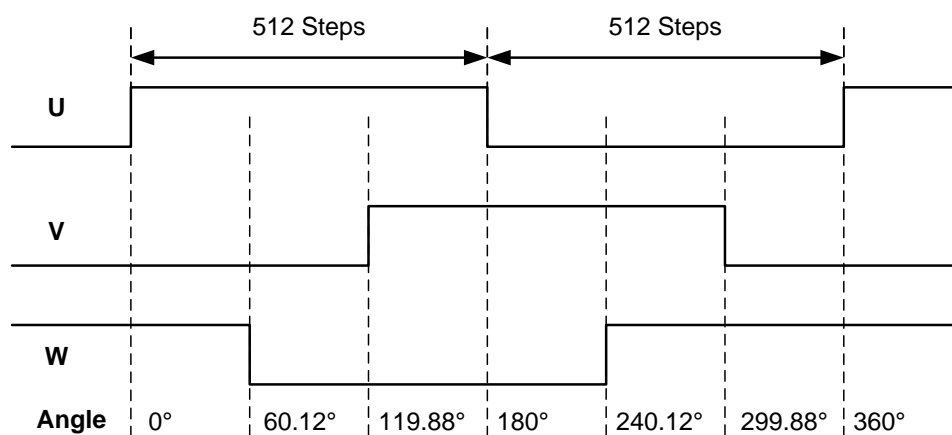


参数	符号	典型值	单位	备注
PWM 频率	f_{PWM}	0.9756	kHz	信号周期: 1025 μs
Min 脉冲宽度	PW_{MIN}	1	μs	Position 0d
Max 脉冲宽度	PW_{MAX}	1024	μs	Position 1023d

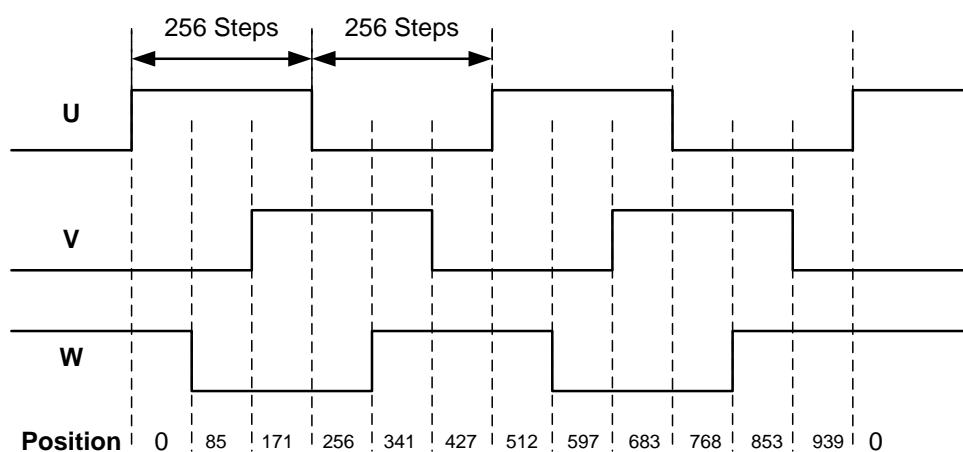
无刷直流电动机换向模式

无刷直流电动机需要角信息以实现定子换相。SC60104 能够为具有一极对和两极对的电机提供 UVW 换向信号。除了三相输出信号外，引脚 12 提供的步 (LSB) 输出可以实现高精度的速度测量。通过编程 Div0 可以选择两个分辨率(9 位或 10 位)。

One-pole-pair

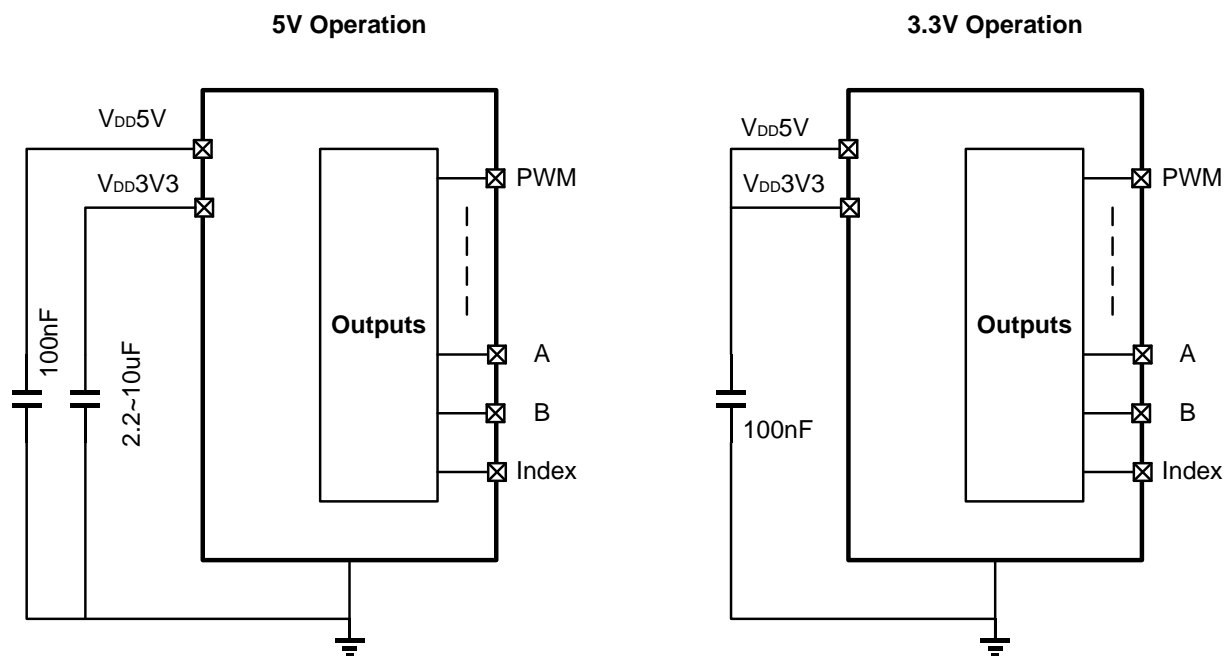


Two-pole-pair



3.3V / 5V 工作

SC60104 可工作在 $3.3V \pm 10\%$ 或 $5V \pm 10\%$ 。这一点可能是内部 3.3V 低压差 (LDO) 稳压器来实现的。内部电源电压总是取自 LDO 的输出，这意味着内部模块总是在 3.3V 下工作。

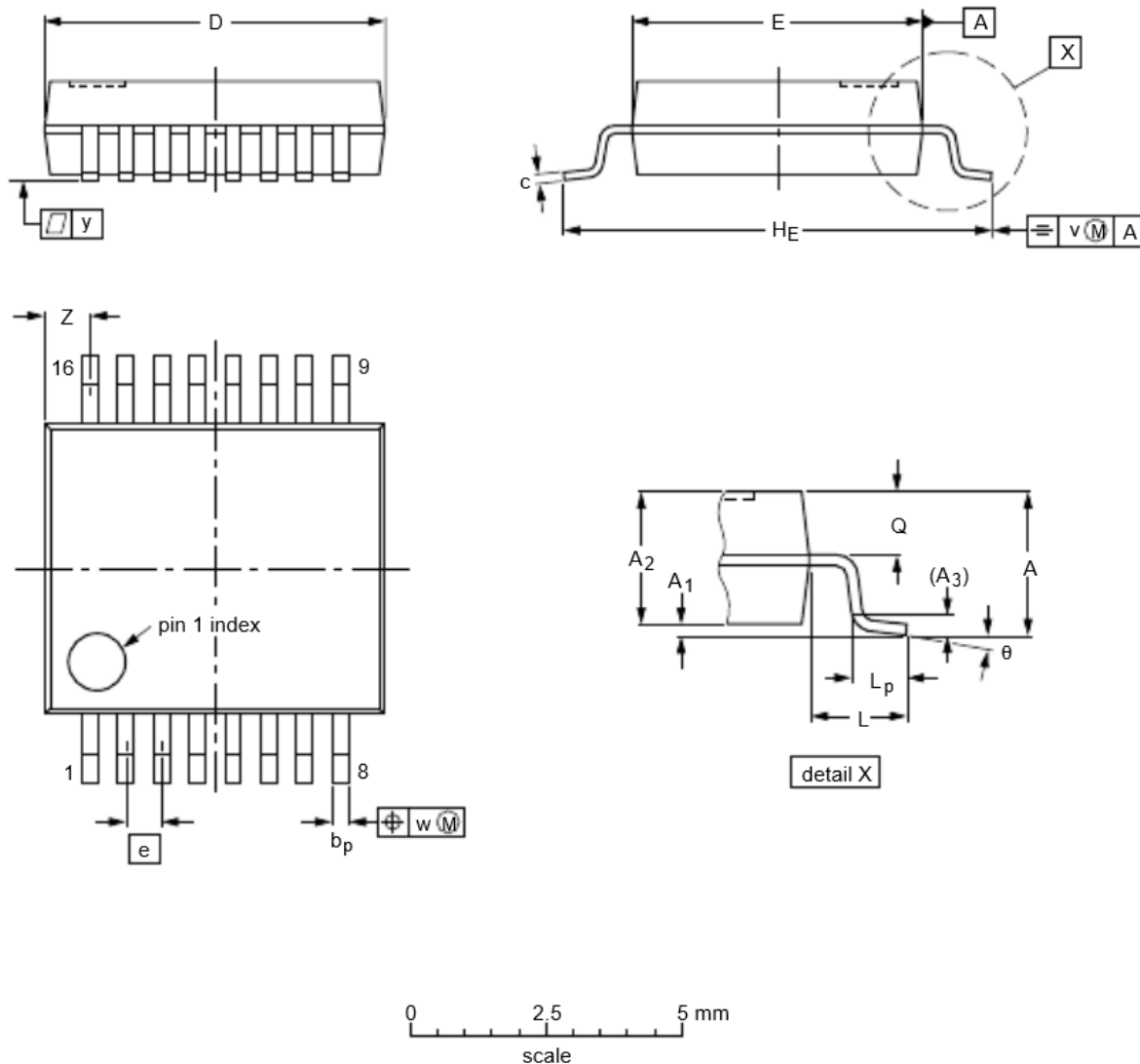


在采用 3.3V 电源工作时，LDO 必须通过 V_{DD3V3} 与 V_{DD5V} 相连进行旁路。

采用 5V 电源工作时，5V 电源连接至引脚 V_{DD5V}，而 V_{DD3V} (LDO 输出) 必须使用 100nF 的缓冲电容，电容应当安装在靠近电源引脚的地方。

V_{DD3V3} 输出只供内部使用，不得加载外部负载。数字接口 I/O 的输出电压对应引脚 V_{DD5V} 的电压，因为 I/O 缓存器也由此引脚供电。

封装信息



单位 (mm are the original dimensions)

UNIT	A	A ₁	A ₂	A ₃	b _p	c	D ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾	e	H _E	L	L _p	Q	v	w	y	Z ⁽¹⁾	θ
mm	2	0.21	1.85	0.25	0.38	0.25	6.5	5.6	0.65	8.2	1.25	0.95	0.9	0.2	0.13	0.1	1.00	8°
		0.05	1.65		0.22	0.09	5.9	5.0		7.4		0.55	0.7				0.55	0°

注:

1. 每边最大 0.25mm 的塑料或金属突起不包括在内.

历史版本

版本号	时间	修改说明
Rev0.1		初始版本
Rev1.1		更新典型应用图
Rev2.3		旧规格书最终版本号
RevA/1.0		统一格式发布