

高效率的直流升压转换电路

特点

- 0.9V 启动电压;
- 0.7V 最低工作电压
- 95%以上的效率;
- 电池低电压检测;
- 恒定 3.3V、5V 或 2V~5V 之间可调输出;
- 内部同步整流;
- 关断情况下零工作电流;
- 极少的外围元器件;
- 小型化的 TSSOP8 或 MSOP8 封装;

应用

- 1~3 节电池供电装置;
- PDA 或手持仪表;
- 移动电话;
- 传呼机;
- GPS;
- 数码相机

概述

VA7910/VA7920 系列电路是一款高效率的直流升压转换电路, 仅需极少的外围元器件, 即可从电池获得所需的电压。可以广泛地使用于 PDA、移动电话、手持设备等领域。

VA7910/VA7920 保证在 0.9V 以上的输入电压可以启动, 并维持工作。

内部通过 P-MOS 管同步整流, 从而使外部无需整流二极管。

VA7910FF 可以与意法半导体 (ST 公司) 的 L6920 完全兼容; VA7910DF 可以与美信半导体 (MAXIM 公司) 的 MAX1674/MAX1675 完全兼容。

功能框图

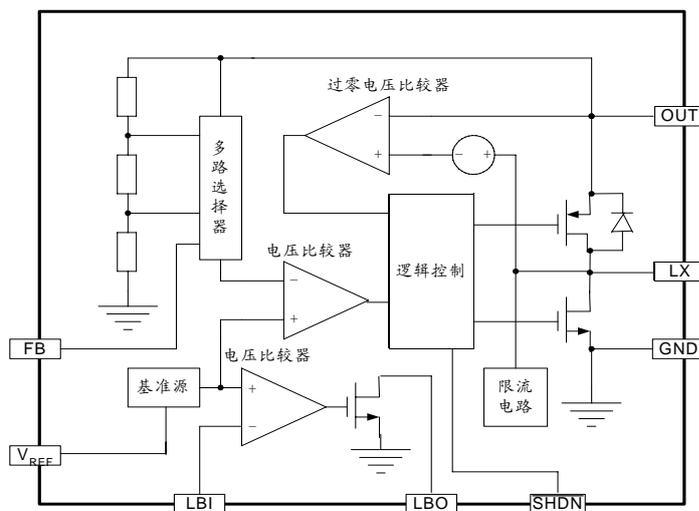


图 1 功能框图

VA7910/VA7920

订购信息

型号	封装形式	管脚数	打印标记
VA7910FF	TSSOP8	8	TBA
VA7910DF	MSOP8	8	TBA

管脚排列

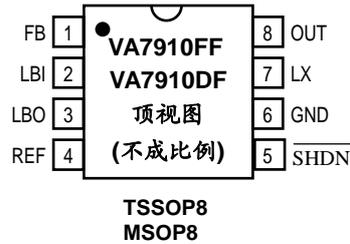


图 2 引脚排列

引脚描述

引脚名称	引脚序号		引脚功能
	VA7910	VA7920	
FB	1	1	输出电压选择控制端。该引脚连接到地 (GND)，则输出电压 $V_{OUT}=5V$ ；连接到OUT端，则输出电压 $V_{OUT}=3.3V$ ；若连接到外部的电阻分压网络，则输出电压在 2V至 5V之间可调。
LBI	2		电池低电压检测输入端。内部的检测阈值为 1.15V (V_{REF})。
LBO	3		电池低电压检测输出端。当 LBI 端电压低于内部检测阈值时，转为低电平；该引脚为开漏输出，使用中必须接上拉电阻。
REF	4	3	基准电压输出端。需接一个 0.1 μF 的电容到地去耦；该引脚的带载能力为 10 μA 。
\overline{SHDN}	5	4	关断控制端。该引脚电压低于 0.3V，电路处于关断状态；高于 0.6V，电路处于正常工作状态。
GND	6	6	接地端。
LX	7	5	外接电感连接端。
OUT	8	2	电压输出端。该引脚同时也为内部电路提供工作电源；必须外接一个 10 μF 至 100 μF 的滤波电容和一个 1 μF 左右的去耦电容。

VA7910/VA7920

极限参数

供电电源 V_{OUT}	-0.3V ~ +6V	功耗 P_D ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	
FB、LBI、LBO、LX、 $\overline{\text{SHDN}}$ 、REF端允许输入电压.....	-0.3V ~ $V_{OUT} + 0.3\text{V}$	TSSOP8 (热阻 $\theta_{JA}=\text{TBD}^\circ\text{C/W}$)	TBD
工作温度 T_A	-40 $^\circ\text{C}$ ~ +85 $^\circ\text{C}$	MSOP8 (热阻 $\theta_{JA}=\text{TBD}^\circ\text{C/W}$)	TBD
贮存温度.....	-65 $^\circ\text{C}$ ~ 150 $^\circ\text{C}$	焊接温度 (锡焊, 10秒)	300 $^\circ\text{C}$
最大结温.....	150 $^\circ\text{C}$	ESD (人体模式)	2kV

注：超出以上所列的极限参数可能导致器件的永久性损坏。以上给出的仅仅是极限范围，在这样的极限条件下工作，器件的技术指标将得不到保证，长期在这种条件下还会影响器件的可靠性。

电气参数

(除非特别说明，电感输入端电压 $V_{IN}=2\text{V}$ ， $V_{FB}=V_{OUT}$ 。标注“◆”的工作温度为： $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ ；未标注“◆”的工作温度为： $T_A=25^\circ\text{C}$ ；典型值的测试温度为： $T_A=25^\circ\text{C}$)

参数名称	符号	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
最小输入电压	V_{IN}				0.9		V
启动电压					0.9	1.3	V
启动电压温度系数					-2		mV/ $^\circ\text{C}$
输出电压	V_{OUT}	$V_{FB}=V_{OUT}$	◆	3.2	3.3	3.4	V
		$V_{FB}=0$	◆	4.85	5	5.15	
FB端反馈电压	V_{FB}	$V_{OUT}=2\text{V}\sim 5\text{V}$	◆	1.13	1.15	1.16	V
FB端输入电流						50	nA
输出电压范围		外接电阻分压网络		2		5	V
OUT端静态电流	I_Q	$V_{FB}=1.4\text{V}$ ， $V_{OUT}=3.3\text{V}$		14.8	16.9	17.4	μA
关断模式，OUT端输入电流	I_{SD}	$V_{\overline{\text{SHDN}}}=0$			0.1	1	μA
基准电压	V_{REF}	$I_{REF}=0$	◆	1.13	1.15	1.16	V
		$I_{REF}=10\mu\text{A}$	◆	1.125	1.145	1.155	
主开关管最大导通时间	t_{ONMAX}		◆	3.3	5	6.9	μs
主开关管最小截止时间	t_{OFFMIN}		◆	0.65	1	1.5	μs
主开关管导通电阻	R_{DSN}	VA7910， $I_{LX}=100\text{mA}$	◆		0.1	0.2	Ω
		VA7920， $I_{LX}=100\text{mA}$	◆		0.1	0.2	Ω
同步整流管导通电阻	R_{DSP}	VA7910， $I_{LX}=100\text{mA}$	◆		0.15	0.3	Ω
		VA7920， $I_{LX}=100\text{mA}$	◆		0.3	0.4	Ω
主开关管限制电流	I_{LIM}	VA7910	◆	0.8	1.0	1.2	A
		VA7920	◆	0.8	1.0	1.2	A
LX端漏电流	I_{LXOFF}	$V_{OUT}=5.5\text{V}$ ， $V_{LX}=5.5\text{V}$ ， $V_{\overline{\text{SHDN}}}=0$				1	μA
LBI内部检测阈值			◆	1.13	1.15	1.16	V
LBI端输入电流						50	nA
LBO输出低电平		$V_{LBI}=0$ ， $I_{SINK}=1\text{mA}$			0.2	0.4	V
LBO关断时漏电流						1	μA
$\overline{\text{SHDN}}$ 端输入电流						1	μA

VA7910/VA7920

电气参数 (续)

(除非特别注明, $V_{CC} = 5V$ 。标注“◆”的工作温度为: $-40^{\circ}C \leq T_A < 85^{\circ}C$; 未标注“◆”的工作温度为: $T_A = 25^{\circ}C$; 典型值的测试温度为: $T_A = 25^{\circ}C$)

参数名称	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
\overline{SHDN} 端输入低电平	$V_{IL \overline{SHDN}}$				0.3	V
\overline{SHDN} 端输入高电平	$V_{IH \overline{SHDN}}$		0.6			V

功能描述

VA7910/VA7920 是一款-高效率的直流升压转换系列电路。它非常适用于那些由 1~3 节电池(锂离子或锂聚合物电池、镍氢电池等)供电而又需要恒定较高电压的场合。

VA7910/VA7920 的静态工作电流极低,同时采用同步整流技术。这样可以有效地提高效率,并且

外围电路不需要整流二极管,从而有效地节约线路板的空间和成本。

VA7910/VA7920 通过内部主开关管最大导通时间、最小关断时间控制及电感最大电流限制等电路来实现高效率的升压转换功能。图 3、图 4 分别是它们的典型应用线路,下面对其进行详细描述。

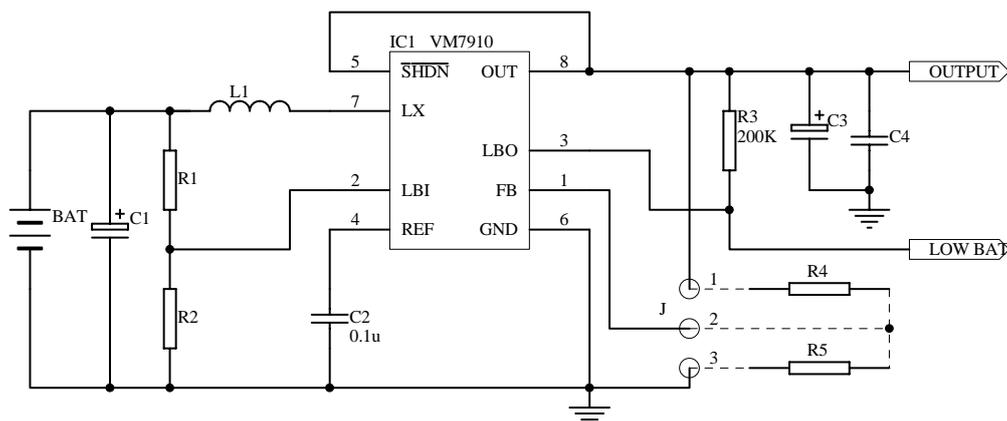


图 3 VA7910 典型应用线路图

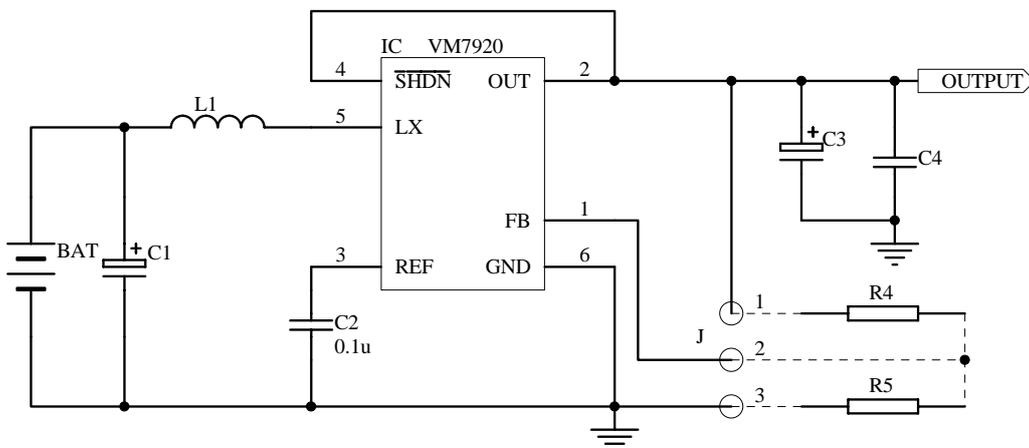


图 4 VA7920 典型应用线路图

VA7910/VA7920

1、工作原理

VA7910/VA7920 是通过内部 N-MOS 主开关管和 P-MOS 同步整流管来回切换导通/截止和外部的电感 L1、输出电容 C3 来共同实现升压的目的。

电路进入稳态工作以后，当输出电压低于所期望的设计值时，内部 N-MOS 主开关管导通，同时内部 P-MOS 同步整流管截止，此时负载通过输出电容 C3 供电；同时电池向电感 L1 充电，其电流逐渐增加，电能以磁能的形式储存于电感 L1 中。如果充电电流超过主开关管限制电流 I_{LIM} 或充电时间超过主开关管最大导通时间 t_{ONMAX} 时，N-MOS 主开关管转为截止。

内部 N-MOS 主开关管转为截止的同时，内部 P-MOS 同步整流管变为导通，这将导致电感 L1 电流减小，电感产生感应电压，此感应电压与电池电压叠加在一起向输出电容 C3 充电，同时给负载供电。由于这个叠加电压高于电池电压，因而达到升压的目的。同步整流管的最小导通时间也是主开关管的最小截止时间 t_{OFFMIN} ，经过此时间以后，如果输出电压低于所期望的设计值或者电感 L1 的电流下降到零时，P-MOS 同步整流管转为截止。

注意，在内部 P-MOS 同步整流管转为截止的同时，内部 N-MOS 主开关管不一定立即转为导通，只有在输出电压低于所期望的设计值时，内部 N-MOS 主开关管才会导通。因此，电路会出现主开关管和同步整流管同时截止的过程。

VA7910/VA7920 在负载较轻时，电感 L1 的电流是平滑上升和下降的，此时电路实际工作在脉冲频率调制 (PFM) 模式；随着负载电流的增加，电感 L1 的电流会出现交叠上升、平滑下降的现象；这两种情况下，电感电流都能下降到零，内部主开关管和同步整流管会出现同时截止的时候，这称之为不连续工作方式。如果负载电流继续增加，则电感电流将不能降到零，其在内部主开关管最大导通时间 (t_{ONMAX}) 内贮存的电能与在内部同步整流管最小导通时间 (t_{OFFMIN}) 内释放的电能相等，此时内部主开关管与同步整流管轮流导通/截止，不会有同时截止的过程，这称之为连续工作方式。在这种工作方式下，负载电流越大，电感的波动电流越向主开关管限制电流 I_{LIM} 靠近。根据 I_{LIM} 、 V_{IN} 、 V_{OUT} 和电感量 L，我们可以得到最大允许负载电流 $I_{LOAD-LIM}$ 如下：

$$I_{LOAD-LIM} = \frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \times (I_{LIM} \cdot T_{OFFMIN} \times \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{2L}) \times \eta \dots\dots\dots (1)$$

这里， η 为电路的效率。

如果负载电流进一步增加，超过 $I_{LOAD-LIM}$ ，则电路将无法维持恒定的输出电压，VA7910/VA7920 将不能实现正常的升压转换功能。

2、电路的启动

VA7910/VA7920 一个主要的特性是在电池电压低至 1V 以下时，仍能正常启动（具体的启动电压与负载电流的大小有关）。

当输出电压大于 1.8V 时，VA7910/VA7920 将从启动模式进入正常工作模式。在启动过程中，内部 P-MOS 同步整流管一直处于关闭状态，电池和电感 L1 通过其内部寄生二极管给输出电容 C3 和负载供电。

在启动阶段，内部 N-MOS 主开关管以一定的频率和占空比导通/截止，其栅极通过电荷泵的形式供电，这样可以获得较小的源极-漏极导通电阻 ($R_{DS(ON)}$)。主开关管导通时，电池的电能储存到电感 L1 中；主开关管截止时，电感和电池给输出电容 C3 和负载供电。

主开关管电流限制 (I_{LIM}) 和电感电流过零检测在启动阶段仍然有效，如果检测到电感电流大于主开关管限制电流，则主开关管立刻由导通转为截止；同理，如果检测到电感电流降为零，则主开关管立刻由截止转为导通。

3、关断模式

VA7910/VA7920 提供了一个关断控制引脚 (\overline{SHDN} 端)，当该引脚连接到低电平时，电路处于关断模式。此时，电路内部所有单元都被关闭，电池仅有极小的漏电流流过（典型值为 100nA）。

注意，在关断模式下，由于 P-MOS 同步整流管寄生二极管的存在，电池仍能通过此二极管连接到输出端，如果输出端接有负载，则此时的电池电流将是无法避免的。

4、电池低电压检测

VA7910 还提供了电池低电压检测功能，通过将 LBI 端电压与内部基准源进行比较，结果从 LBO 端输出。内部采用的是一个迟滞（迟滞量为 3%）比较器，这样可以有效的防止在 LBO 端出现振荡现象。

LBO 端是一个开漏输出结构，在使用中应外接一个上拉电阻。

应用中的几个问题

1、关于输出电压

输出电压与 FB 端的设置有关，FB 端有三种设置方式可供选择。

a) FB 端接地 参照典型应用线路图 3 和图 4，将 J 的 2-3 连接，R4、R5 不接，则此时输出恒定为 5V。

b) FB 端与 OUT 端连接 参照典型应用线路图 3 和图 4，将 J 的 1-2 连接，R4、R5 不接，则此时输出恒定为 3.3V。

c) FB 端外接电阻分压网络 R4 和 R5 参照典型应用线路图 3 和图 4，用 R4 连接 J 的 1-2，用 R5 连接 J 的 2-3，则此时输出为 2V~5V 之间可调， V_{OUT} 由下式决定：

$$V_{OUT}=1.15V(1+R4/R5) \dots\dots\dots (2)$$

为了减少输出电压在 R4 和 R5 上不必要的功耗，R4 和 R5 的取值当然是越大越好，这样可以有效地提高效率；但是，如果 R4 和 R5 太大，则流入 FB 管脚的电流（一般为几十 nA）将对（2）式的计算带来影响。因此，建议 R4 和 R5 的取值应使流过它们的电流小于 5uA 大于 1uA，即在 150 k Ω ~4M Ω 之间。

2、关于电池低电压检测

电池低电压检测是通过将 LBI 端电压与内部基准源 V_{REF} (1.15V) 比较来实现的。如果我们使用电阻分压网络（参见典型应用线路图 3 中的 R1 和 R2）对电池分压，即可对电池实现高于 1.15V 的电压检测。

假设电池待检测的电压为 V_{TRIP} ，则 V_{TRIP} 与 R1、R2 的关系为：

$$V_{TRIP}=1.15V(1+R1/R2) \dots\dots\dots (3)$$

基于与 R4 (R5) 同样的原因，建议 R1、R2 的取值同样应在 150 k Ω ~4M Ω 之间。

3、关于输出电容 C3 的选择

输出电容 C3 直接关系到电路的效率和输出电压纹波的大小，所以选择 C3 必须非常谨慎。

输出电容 C3 的容值范围应在 10uF~100uF 之间。如果要获得较高的效率和较小的输出纹波，则 C3 必须选用等效串联电阻 (ESR) 极小的陶瓷电容，但是其价格比较昂贵；其次，钽电容也是一种较好的选择。

另外，可以增加一个等效串联电阻 (ESR) 较小、容值为 1uF 左右的电容 C4 与 C3 并联，以进行高频去耦（参见典型应用线路图 3 和图 4）。

4、关于电感 L1 的选择

通常情况下，选择 5uH~40uH 的电感可以满足应用的要求。小的电感其体积较小，对负载的瞬态响应快，但是会导致较大的输出纹波（与电感的峰值电流 I_{PEAK} 乘以其等效串联电阻 ESR 成正比），同时，从（1）式可以看出，L 越小，允许的最大负载电流 $I_{LOAD-LIM}$ 也就越小。

同样，要获得较高的效率和较小的输出纹波，必须采用等效串联电阻较小的电感。另外，电感的磁饱和电流必须大于主开关管限制电流 I_{LIM} 。

5、PCB 板的布局与布线

在制作 PCB 过程中，应充分考虑噪声、高频谐振及电磁兼容等问题。

为了有效地降低辐射和高频谐振，应使大电流的开关回路尽量短，因此输入和输出电容应尽可能的靠近电路，

如果外围需要使用电阻分压网络，则应尽量靠近电路的对应管脚 (FB 端和 LBI 端)，同时远离大电流回路，以免拾取噪声。

大电流回路的走线应尽量宽，同时可以使用大面积敷铜。

VA7910/VA7920

封装尺寸:

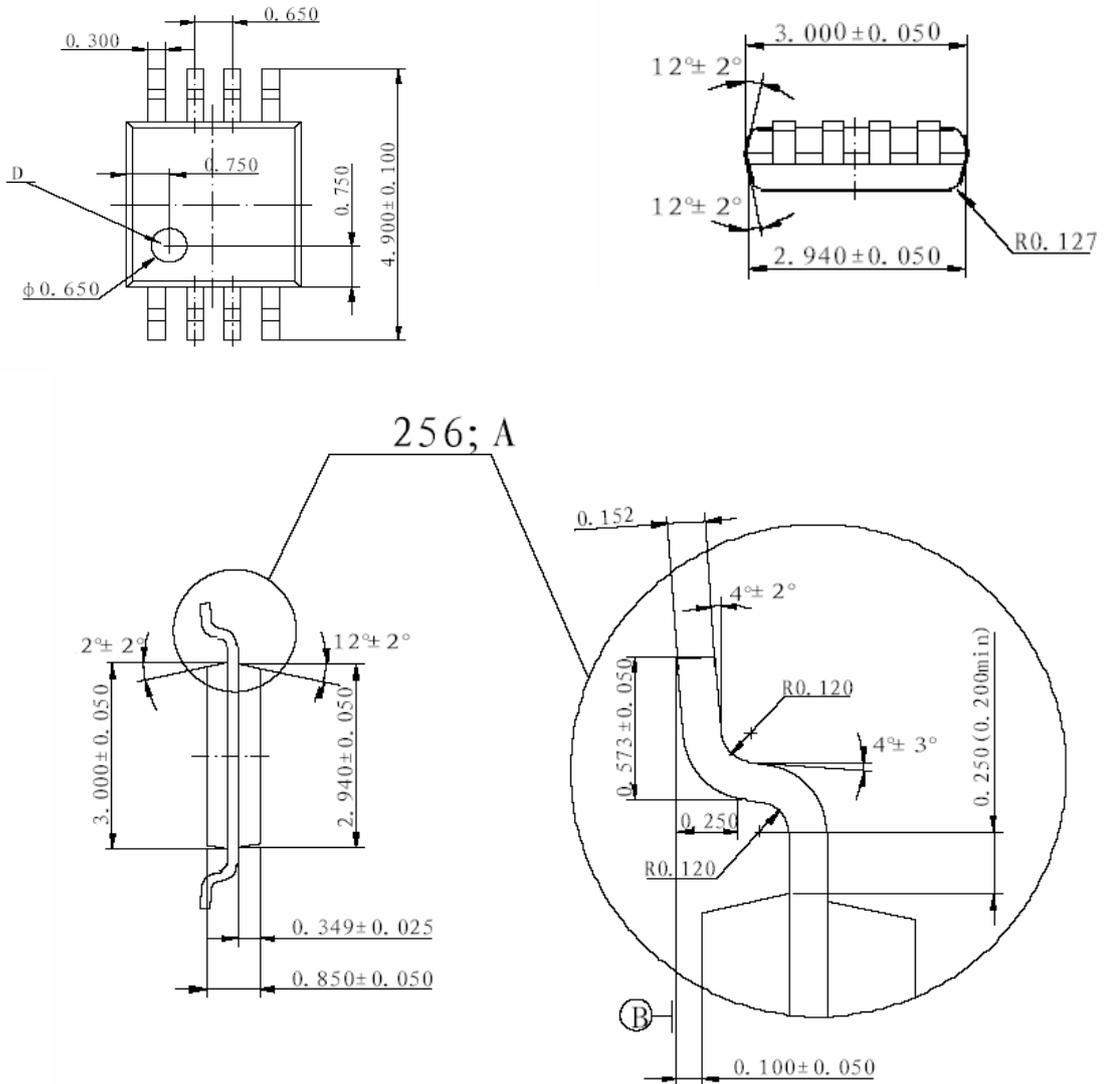


图 5 MSOP8 封装外形尺寸图

VA7910/VA7920

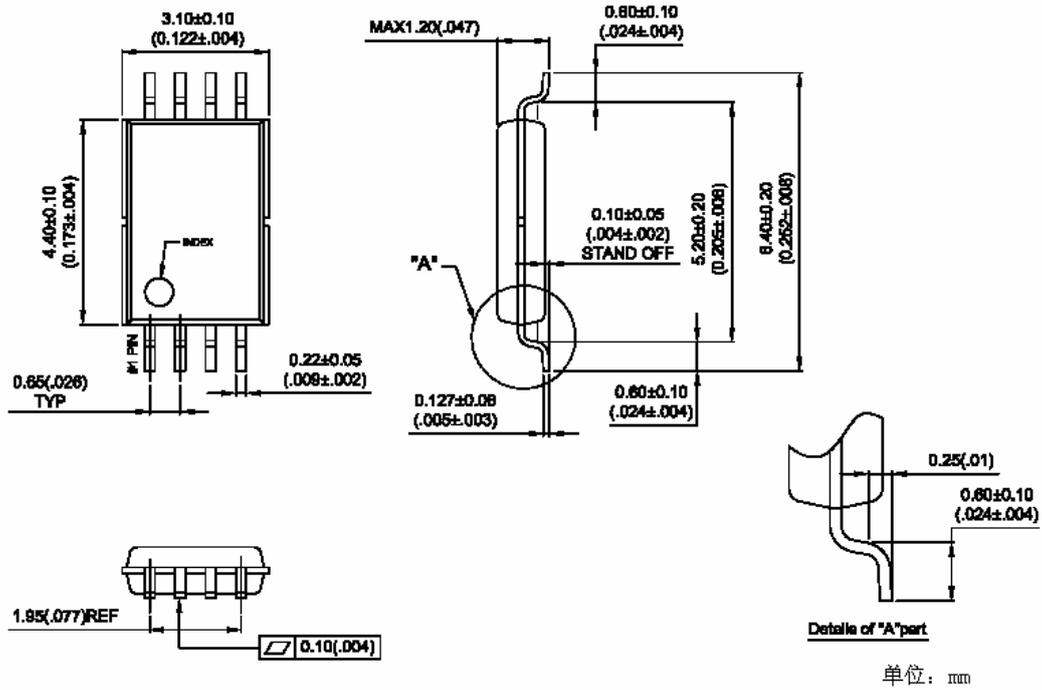


图 7 TSSOP-8 封装外形尺寸图