



传送一个美丽、快捷、准确



Ethernet 用 SMD 型脉冲变压器

ALT 系列



LAN 用脉冲变压器的新基础

近年来，LAN 端子不仅被标准配备于电脑等 IT 设备，还被标准配备于以数码电视为首的各种 AV 设备上。而脉冲变压器是搭载于 LAN 接口部位的关键元件。它在高速传送脉冲信号的同时，还起到电流输入输出间绝缘作用。TDK 公司应用并展开在 SMD（表面贴装元件）共模滤波器事业中积累的技术，新开发了采用自动卷线工艺的 SMD 脉冲变压器。该产品不仅解决了以往产品因手工卷线而产生的特性不均衡问题，而且与同等性能的旧产品相比大幅度减小了其安装面积，可以说是 LAN 用脉冲变压器的新基础。

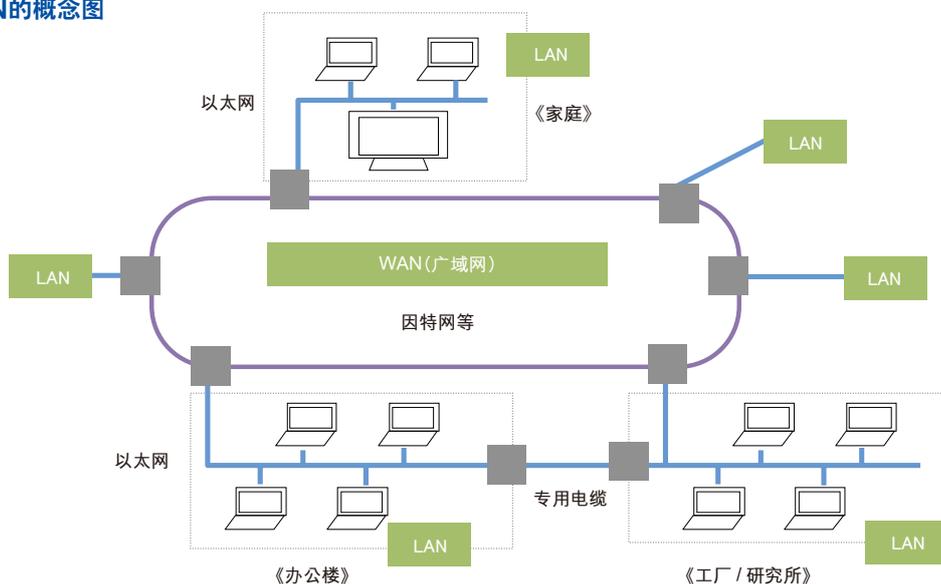
LAN 的主流以太网（Ethernet）与电脑同步发展

以太网于 1980 年代初在美国诞生，现在被全世界广泛采用，是 LAN 的主流。起初它主要被用于连接企业和研究所等工作站，随着电脑的开发和普及，LAN 继而发展成为连接复数台电脑的网络系统，其市场也达到了迅速发展。连接各个独立 LAN 的广域网叫 WAN，连接家庭内电脑和 AV 设备的系统被称为 Home network 或家庭

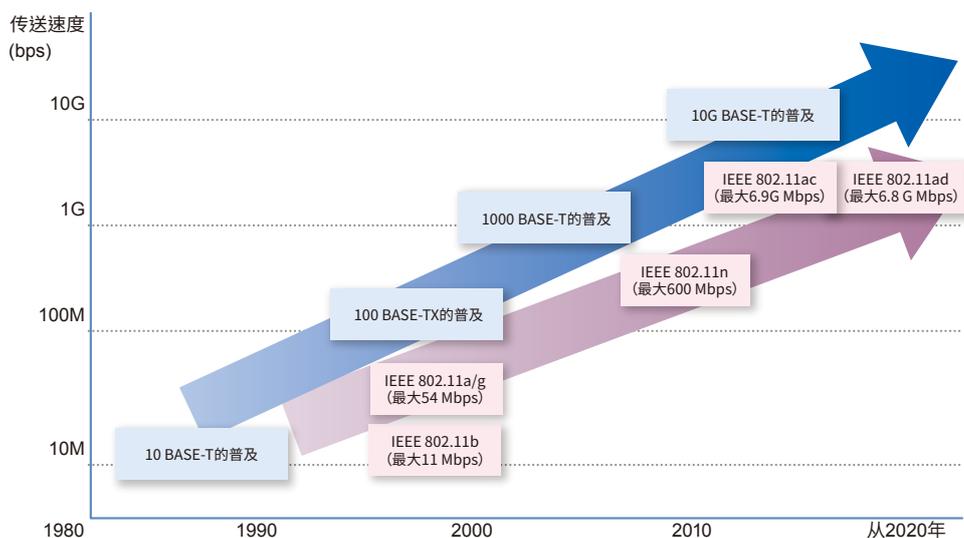
宽带。与利用电波的无线 LAN 不同，以太网用电缆连接，在传送数据上具有高速并高可靠性等特点。

以太网按传送速度以及电缆的不同，有多种不同的规格。比如，100BASE-T、1000BASE-T 的 100、1000 表示传送速度为 100Mbps、1000Mbps (1Gbps)，T 表示连接电缆是双绞线。

LAN 以及 WAN 的概念图



以太网（有线 LAN）和无线 LAN 的进化



脉冲变压器是 LAN 接口的关键元件

有 LAN 端子的电子设备，由于其内部配备有 LAN 适配器，所以只要和 LAN 电缆连接就可以简单地构筑网络。以前电脑上没有标准配备 LAN 适配器，而是利用需插入电脑的卡式 LAN 适配器。内置 LAN 适配器在电脑上的标准配备，是由宽带因特网的普及引起的。

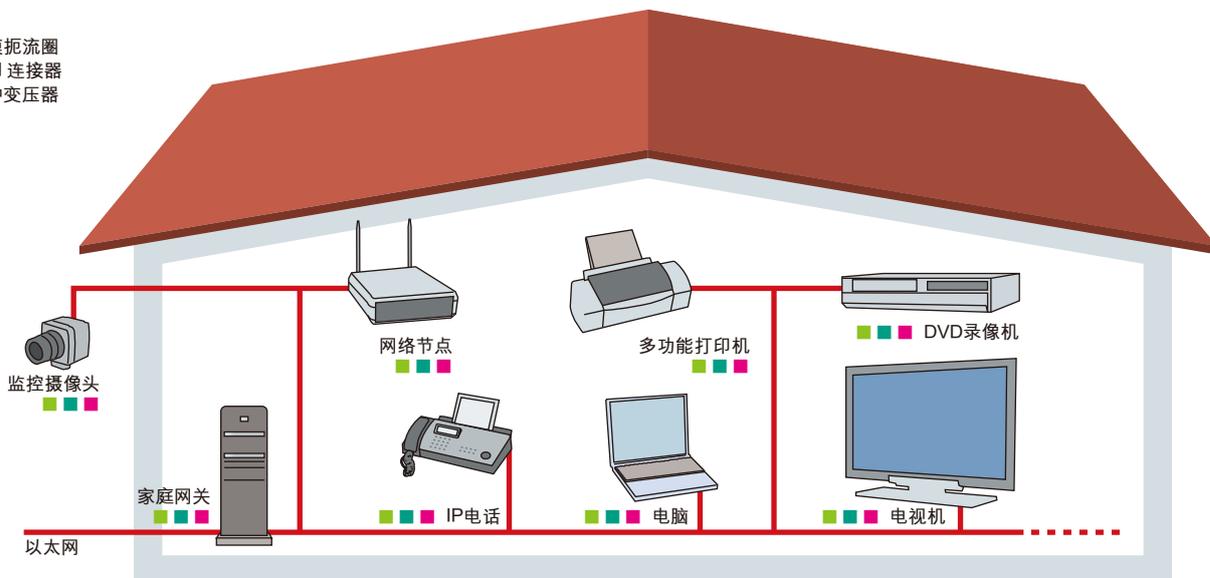
LAN 端子的模块插孔比电话插孔稍大，叫 RJ45 接头。RJ45 接头在 LAN 适配器内部通过共模扼流圈和脉

冲变压器以及收发器 IC 相连接。RJ45 接头、共模扼流圈以及脉冲变压器搭载于一个小型模块，这个模块被称为 LAN 连接器。

脉冲变压器是为传送脉冲波形信号而设计的。其设计目的与电源变压器不同，不是为了输送电力，因此可以内藏于连接器实现小型化。

家庭宽带以及接口部位的元

- 共模扼流圈
- LAN 连接器
- 脉冲变压器

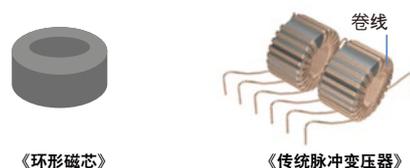


在环形磁芯上进行手工卷线的传统工艺

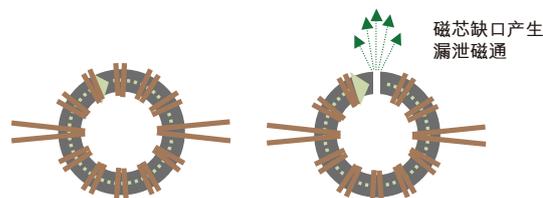
脉冲变压器结构很简单，只是在一个环形磁芯（圆型磁芯）上缠上一次和二次卷线。这个电子元件原理和结构虽然简单，可是产品设计、磁芯材料的选定、卷线工艺以及确保稳定品质却极难。

采用环形磁芯，是因为它和有缺口的磁芯相比，能降低漏泄磁通（Leakage flux），达到高性能化。因此，一直以来脉冲变压器的设计都以采用环形磁芯为前提。但由于受环形形状的制约，自动卷线工艺很难利用，一直只能依靠手工制作。而另一方面，手工卷线又难免使特性产生不均衡，导致影响品质稳定，提高量产难度。

利用环形磁芯的传统脉冲变压器



磁芯缺口和漏泄磁通（Leakage flux）



由卷线产生的磁通在磁芯内部环流，如果在磁芯上设有缺口，在缺口处会产生漏泄磁通（Leakage flux），影响一次卷线和二次卷线的结合度。

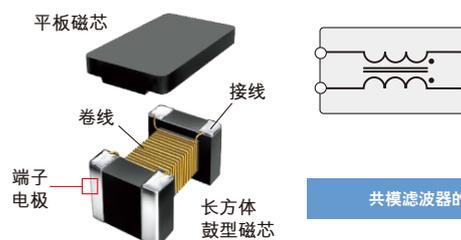
新工艺的采用源于“哥伦布的鸡蛋”般的创意

随着以电脑为首，数码电视机等各种 AV 设备的 LAN 端子的标准配备的进一步发展，LAN 用脉冲变压器的稳定供应成了市场一大需求。但是，环形磁芯由于其形状前提的限制，卷线的自动化极其困难，无法应对市场需求。

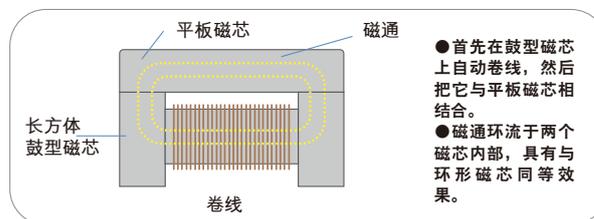
正是 TDK 的 SMD 型脉冲变压器 ALT 系列解决了这个难题。该产品采用自动卷线工艺制成，这个新工艺源于“哥伦布的鸡蛋”般的创意。

引起这个构思的是多用于减噪对策元件的 SMD 型共模滤波器。共模滤波器与脉冲变压器基本结构相同，也是在环形磁芯上缠绕两条卷线。TDK 为实现量产化，领先确立了首先在鼓型磁芯上自动卷线，然后将其和平板磁芯相结合的制造工艺。共模滤波器的这种磁芯结构和自动卷线工艺几乎完全可以应用在脉冲变压器上。SMD 型脉冲变压器就这样诞生了。

新磁芯结构的脉冲变压器



共模滤波器的结构



- 首先在鼓型磁芯上自动卷线，然后把它与平板磁芯相结合。
- 磁通环流于两个磁芯内部，具有与环形磁芯同等效果。



SMD型脉冲变压器的结构

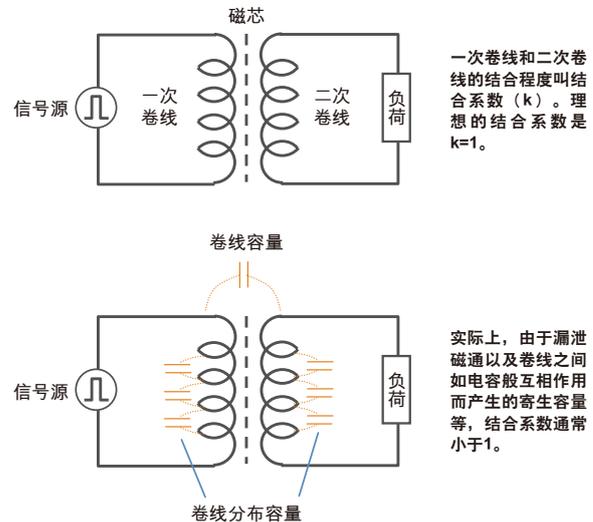
卷线结构需要高度技术和专业知识

变压器的一次卷线和二次卷线的结合程度叫结合系数(k)。理想的结合系数是 $k=1$ ，但实际上由于会产生漏泄磁通，结合系数通常小于 1。

如何使结合系数接近 1 是变压器设计的重要目标。如上所述，磁芯缺口会引起漏泄磁通的产生，而漏泄磁通(Leakage Inductance)会降低变压器的性能。在采用对应自动卷线工艺的新形状的同时，TDK 还将鼓型磁芯和平板磁芯的结合缺口减小到以往产品的一半以下，极力降低了漏泄磁通。

卷线结构也和结合系数的低下有密切关系。因为变压器的卷线里存在着电路图上没有表示的一种叫寄生容量的电容。从电气角度上来说，卷线是被绝缘的。但是由于卷线之间的电位差，致使邻接的卷线之间会产生如同电容电极板一样的作用。这种寄生容量叫卷线容量。另外，一次卷线和二次卷线之间还存在一种叫卷线分布容量的寄生容量。由于这些寄生容量和漏泄磁通拥有前者减小后者增大的权衡关系，卷线结构需要高度的技术和专业知识。

□ 变压器卷线产生的寄生容量



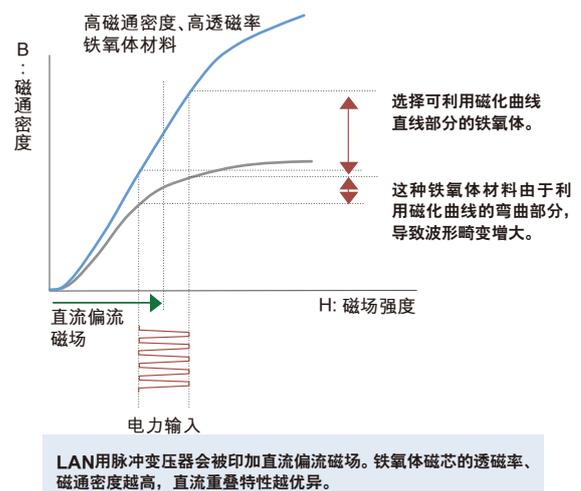
采用最适用脉冲变压器的铁氧体磁芯

由于脉冲波形具有极宽的频率带域，有的磁芯材质会使脉冲波形产生很大的畸变，导致信号品质的劣化。

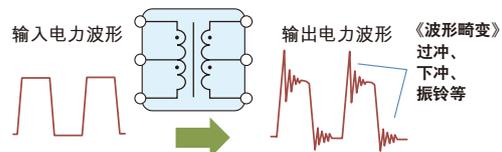
例如以太网的 100BASE-T 用脉冲变压器，在印加 8mA 直流偏流的状态下，可得到 350 μH 以上的电感值。因此，需要使用即使印加直流偏流磁场也能利用磁化曲线直线部分的，有优异直流重叠特性的铁氧体材料（越接近弯曲部分波形畸变越大）。也就是说，磁芯材料需要拥有极高的透磁率和饱和磁通密度，并且，这个特性还有必要满足一般的 LAN 使用温度环境。

TDK 深化了长年积累的铁氧体技术，重新组合材料并改进微细结构，专门开发了适用于脉冲变压器的铁氧体材料。ALT 系列采用了能够对应下一代高速 LAN 技术要求的最佳材料。

□ 铁氧体磁芯的磁化曲线以及直流重叠特性



□ 脉冲波形畸变的产生原因



选择不适用的磁芯材质、不合理的卷线结构，会引起矩形脉冲波形大幅度不稳定，从而导致传送特性恶化以及产生噪音。

以自动化工艺实现了与以往产品同等的高性能

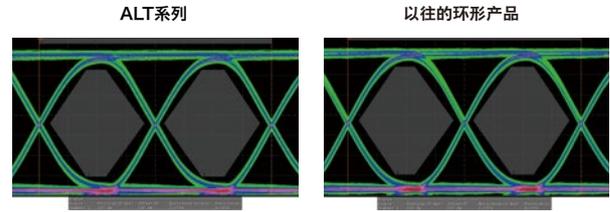
SMD 型小型产品 ALT 系列，实现了以往被认为自动化工艺极难实现的 LAN 脉冲变压器所需的高可靠性特性。从右边眼图可以看出，该产品既实现了 SMD 型小型化，还达到了和以往产品同等的信号完整性。

ALT 系列脉冲变压器还有一个很大的特点就是，它在采用自动卷线工艺的同时，还采用了自动热压着工艺来结合端子电极和卷线。自动化热压着工艺代替了以往的手工卷线和焊接工序，这显著地提高了品质稳定性。

另外，以往产品从电气检验到编带包装，是以炉单位半自动进行的。而 ALT 系列则实现了自动化连续工程。

以太网眼图评价事例

确保与以往产品同等的信号完整性



热压着工艺接线处理



减小实装面积大幅度实现小型化

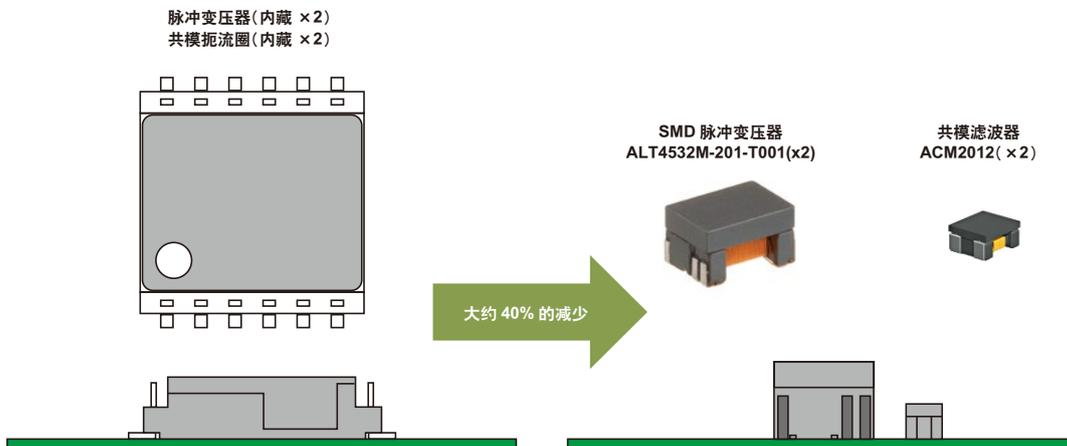
LAN 脉冲变压器一般和共模扼流圈等元件一起被搭载在一个模块上。以往在这样的 LAN 模块上安装脉冲变压器时，有必要用手工做一些复杂的配线处理，然后手工焊接或用树脂来对元件进行固定。而 ALT 系列是 SMD 型产品，所以可以在回流焊接时和其他元件一并搭载在基板上，大大减少了工时。

另外，小型化还有利于节省占用空间。就算并用差动传送方式中的减噪元件，实装面积也能减少大约 40% ~

60%（在与本公司 ACM 系列共模滤波器组合，单个实装在基板上的情况下）。

并且，ALT 系列是 TDK 正在积极推进的环保型产品，与以往产品相同，不含铅以及铅化合物，同时对应无铅焊接，是完全无铅产品。还有，为满足力争在最终成品实现完全无卤化的顾客的需求，ALT 系列还实现了无卤化。

实装面积比较（以100BASE-TX为例）



面向融合有线、无线的下一代高速 LAN

虽然无线 LAN 在不断普及，然而有线 LAN 有它固有的特长，那就是高速度传送能力以及不受电波干涉的稳定性。LAN 用脉冲变压器作为一个关键元件，其特性也有必要对应下一代以太网。

在服务器及路由器方面，脉冲变压器需要进一步满足高速对应、高可靠性需求，笔记本电脑、数码电视、HDD 记录器以及游戏机有进一步小型化、低背化的需求，

而 FA 领域则要求在广大的温度范围内进一步提高性能。

ALT 系列在业内首次实现用自动卷线工艺来生产小型 SMD 元件，产品性能优异，能对应从家用到工业领域等广泛用途。TDK 将结合长年积累的材料技术、工艺技术以及评价模拟技术等核心技术，面向有线、无线互相融合的下一代高速网络社会，为满足各种需求持续提供先进的 LAN 相关产品。

主要特点

- 1 SMD型，对应自动卷线工艺，可按顾客需求提供不同的产品形态。
- 2 自动搭载、对应回流焊接、对应无卤化。

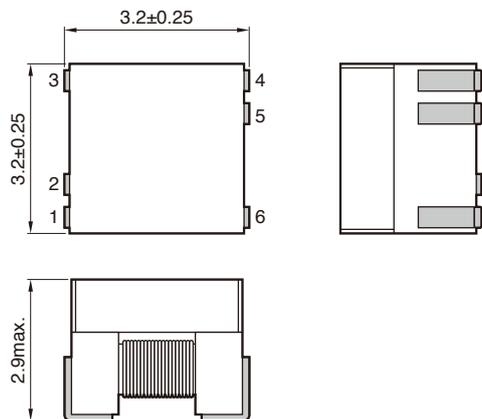
主要用途

数码家电、机顶盒、电脑等搭载了LAN接口的民用/工业设备

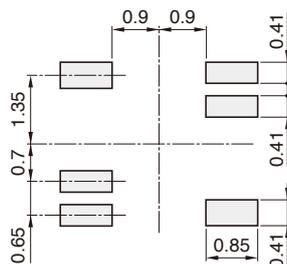
形状、尺寸/电路图

ALT3232M

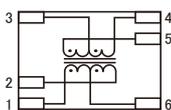
形状与尺寸



推荐焊盘布局

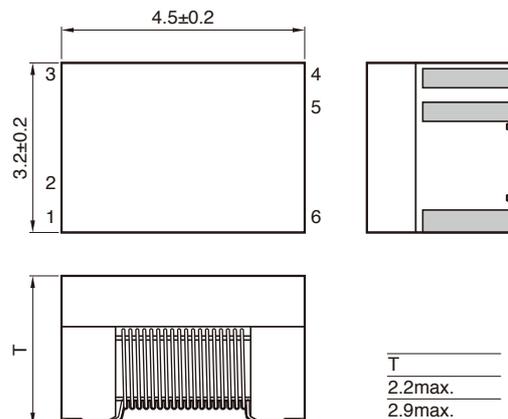


电路图

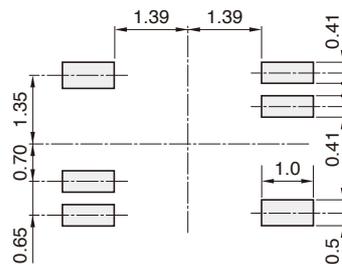


ALT4532M

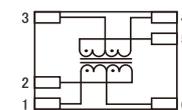
形状与尺寸



推荐焊盘布局



电路图



Dimensions in mm

主要规格

型号	ALT3232M-151-T001	ALT4532M-171-T001	ALT4532M-201-T001
电感*1	150uH Min.	170uH Min.	200uH Min.
插入损失*2	2.5dB Max.	2.5dB Max.	1.5dB Max.
线间容量	25pF Max.	35pF Max.	
使用温度范围	-40 to 85°C		
形状	3.2x3.2mm	4.5x3.2mm	
高度	2.9mm Max.	2.2mm Max.	2.9mm Max.

*1 DC Bias 8mA, 100kHz
*2 0.1 to 100MHz