



GUIDA TECNICA

Sensore ABS velocità ruota ed ECU: guasti, diagnosi e sostituzione

Guida tecnica al sensore di velocità ruota ABS, tone ring ed ECU su veicoli pesanti: sintomi di guasto, diagnosi DTC, traferro e sostituzione passo-passo.

Quando sulla plancia del trattore stradale si accende la spia gialla dell'ABS, la maggior parte degli autisti pensa "il freno funziona, posso continuare". In realtà, con l'ABS disattivato, in una frenata brusca la ruota si blocca, il semirimorchio può mettersi a coltello e lo spazio di arresto si allunga in modo evidente. Sul veicolo commerciale pesante, questa differenza si chiama distanza tra un incidente e una fermata controllata. Questa guida spiega, con il linguaggio di chi lavora sul campo, la triade composta da sensore di velocità ruota ABS, tone ring (ruota fonica) ed ECU/modulo; affronta in sequenza i sintomi di guasto, la regolazione del traferro, i metodi di misura e le fasi di sostituzione.

 CONSIGLIO —

Nota E-E-A-T: Questo documento è stato redatto dal team tecnico VADEN, specializzato in impianti frenanti ed elettronici per veicoli commerciali pesanti. I valori qui riportati hanno carattere di riferimento generale; per valori precisi come traferro, resistenza e coppia occorre sempre basarsi sul manuale di assistenza OE aggiornato del costruttore del veicolo/assale. **Ultimo aggiornamento: luglio 2026.**

Cos'è il sensore di velocità ruota ABS e l'ECU? Funzione e principio di funzionamento

Il sensore di velocità ruota ABS è un sistema elettronico di misura e controllo che converte la velocità di rotazione di ogni ruota in un segnale elettrico e lo trasmette al modulo ABS/EBS (ECU); l'ECU, con questa informazione, regola la pressione di frenata ruota per ruota, prevenendo il bloccaggio.

Il cuore del sistema è composto da tre parti: il **sensore di velocità** posizionato in prossimità del mozzo ruota, la corona dentata che ruota insieme alla ruota (**tone ring / tone wheel / ruota fonica**) e l'**ECU/modulo ABS** che elabora i segnali provenienti da tutte le ruote. Quando i denti del tone ring passano davanti al sensore, questo genera centinaia di impulsi al secondo.

All'aumentare della frequenza degli impulsi l'ECU riconosce che la ruota sta accelerando, mentre a un calo improvviso capisce che quella ruota sta iniziando a bloccarsi e, tramite le valvole modulatrici, in frazioni di secondo scarica e ripristina la pressione diretta alla relativa camera del freno.

Sul veicolo commerciale pesante questo sistema è spesso integrato con l'EBS (impianto frenante elettronico). I moduli tipo Knorr-Bremse, Wabco (ZF) o Bendix gestiscono, oltre all'ABS, anche l'ASR (antipattinamento), l'assistenza alla partenza in salita e l'integrazione del retarder. Quando il dato del sensore si corrompe, non solo l'ABS ma anche queste funzioni ausiliarie possono disattivarsi.

- **Sensore di velocità:** sonda che converte la variazione del campo magnetico in segnale elettrico, generalmente fissata al mozzo tramite una bussola di serraggio (clamping bush).
- **Tone ring (corona dentata):** anello metallico dentato pressato sul mozzo dell'assale o sulla flangia; determina il numero di impulsi.
- **Cavo sensore e connettore:** il punto più esposto a vibrazioni e acqua; la maggior parte dei guasti da corrosione e sfregamento si trova qui.

- **ECU / modulo ABS-EBS:** il cervello che elabora i segnali, genera i codici di guasto e pilota le valvole modulatrici.

Come funziona il sensore passivo (induttivo)?

Il sensore passivo è una struttura semplice, con al suo interno un magnete permanente e una bobina; non richiede alimentazione esterna. Al passaggio dei denti del tone ring il campo magnetico varia e nella bobina viene generata una tensione alternata (AC). L'ampiezza del segnale dipende dalla velocità della ruota: a bassa velocità la tensione è debole, per cui a velocità molto ridotte il sensore passivo può risultare "cieco". Nella maggior parte dei veicoli commerciali pesanti è ancora diffuso per via della sua robustezza.

Come funziona il sensore attivo?

Il sensore attivo (a effetto Hall o magneto-resistivo) riceve alimentazione dall'ECU e la sua uscita è un segnale a onda quadra (digitale) di ampiezza costante, indipendente dalla velocità. È in grado di leggere anche a velocità molto bassa, persino prossima allo zero; per questo è preferito nelle applicazioni di partenza in salita e nell'ASR di precisione. I sensori attivi lavorano generalmente con un anello a codifica magnetica (encoder ring) e possono essere più sensibili allo sporco rispetto al tipo induttivo.

Elaborazione del segnale nell'ECU

L'ECU confronta continuamente i segnali delle quattro ruote (o di un numero maggiore nelle configurazioni 6x2/6x4). Se la velocità di una ruota si discosta in modo anomalo dalle altre, la interpreta come interruzione del cavo, traferro alterato o danneggiamento del tone ring; scrive in memoria il relativo codice di guasto (DTC) e, se necessario, disattiva l'ABS parzialmente o completamente.

Caratteristica	Sensore passivo / induttivo	Sensore attivo (Hall/MR)
Alimentazione	Non necessaria (si autogenera)	Richiede alimentazione dall'ECU
Tipo di segnale	Analogico AC (sinusoide)	Onda quadra digitale
Lettura a bassa velocità	Debole / limitata	Molto buona (prossima allo zero)
Misura	Resistenza (ohm) + tensione AC	La misura di resistenza è per lo più priva di significato; si verificano segnale/corrente
Impiego tipico	ABS classico per veicoli pesanti	EBS moderno, ASR, partenza in salita
Sensibilità allo sporco	Media	Può essere elevata sull'anello codificato

⚠ ATTENZIONE —

Verifica del codice ricambio: sugli assali anteriore e posteriore dello stesso trattore possono essere impiegati sensori di lunghezza diversa, con tipo di connettore e architettura di segnale (passivo/attivo) differenti. Non montate un sensore solo perché somiglia al vecchio smontato dal mozzo; confermatelo tramite il numero di telaio del veicolo e il riferimento ricambio OE. Un sensore di tipo errato fa sì che l'ABS non entri mai in funzione.

Sintomi di guasto e diagnosi

I guasti dei sensori ABS raramente si presentano all'improvviso come "si è fermato tutto"; il più delle volte iniziano come segnali che compaiono in determinate condizioni e poi scompaiono. La tabella seguente riassume i sintomi più frequenti sul campo, le possibili cause e il metodo di verifica.

Sintomo	Possibile causa	Controllo / Verifica
La spia ABS resta accesa in modo permanente	Sensore in circuito aperto, cavo interrotto, tone ring danneggiato	Leggere il DTC con lo strumento diagnostico; individuare la ruota interessata, misurare resistenza/segnale
La spia ABS si accende solo in movimento	Traferro eccessivo, dente del tone ring rotto, sensore allentato	Verificare la sede del sensore e il traferro; far girare la ruota e monitorare i dati in tempo reale
A una certa velocità una ruota si blocca / vibra	Segnale intermittente, punta del sensore sporca, contatto discontinuo	Osservare la forma d'onda con l'oscilloscopio; verificare la perdita di segnale muovendo il cavo
ASR/antipattinamento o partenza in salita non funzionano	Un sensore di un assale fornisce un segnale debole	Confrontare tutte le velocità ruota nei dati in tempo reale; individuare la ruota anomala
In frenata il veicolo non procede dritto, tira da un lato	L'ABS di una ruota è disattivato, gli altri sono attivi	Prova su strada + DTC; identificare la ruota disattivata
Errore ABS intermittente, ricompare dopo la cancellazione	Corrosione del connettore, cricca del cavo, gioco del mozzo (cuscinetto)	Aprire e pulire il connettore; scuotere la ruota per verificare il gioco del cuscinetto
Errore che compare con freddo/pioggia e scompare all'asciutto	Infiltrazione d'acqua nel connettore, cricca nell'isolamento del cavo	Verificare a vista + con misura la tenuta del connettore e il percorso del cavo

Lettura della diagnosi (DTC)

Il primo passo è sempre leggere il codice di guasto. I moduli EBS moderni riportano separatamente su quale ruota (es. "anteriore sinistra", "posteriore destra") e quale tipo di errore (circuito aperto, cortocircuito, assenza di segnale, segnale non plausibile) si è verificato. Il codice "segnale non plausibile" è generalmente indice non del sensore, ma del traferro o del tone ring; sostituire il sensore senza fare questa distinzione è uno spreco frequente.

Confronto tra ruote con i dati in tempo reale

Sollevando il veicolo e facendo girare le ruote a mano o al minimo, confrontate sullo schermo dei dati in tempo reale dello strumento diagnostico i valori di velocità delle quattro ruote. In un sistema sano i valori aumentano e diminuiscono in modo simile tra loro. Se il valore di una ruota salta, si azzerava o resta indietro rispetto agli altri, il problema è su quella linea.

Analisi della forma d'onda con l'oscilloscopio

Il metodo più preciso è l'oscilloscopio. Su un sensore passivo, facendo girare la ruota, ci si aspetta una sinusoide regolare e simmetrica; i cali improvvisi di ampiezza indicano un danno al dente del tone ring o un traferro variabile. Su un sensore attivo si deve invece vedere un'onda quadra netta, con transizioni basso-alto. La distorsione dell'onda mentre si muove il cavo a mano è la prova certa di un guasto da contatto intermittente/discontinuo.

Fasi di sostituzione / installazione

⚠ ATTENZIONE —

Dispositivi di protezione individuale e sicurezza (DPI): prima di iniziare il lavoro, bloccate il veicolo su terreno piano, mettete i cunei e portate la pressione dell'aria a un livello sicuro. Durante il sollevamento, spegnete il contatto di alimentazione ABS/EBS; scollegare il connettore a circuito attivo può causare la memorizzazione di un errore nel modulo. Usate guanti e occhiali protettivi; lavorando in prossimità dell'impianto frenante, prestate attenzione alla pressione residua nelle camere e nelle valvole.

- 1 Confermare il guasto:** prima di smontare il sensore, leggete il DTC e stabilite con certezza quale ruota sia responsabile; evitate smontaggi inutili.
- 2 Togliere contatto e alimentazione:** per proteggere il modulo ABS da registrazioni errate, spegnete il sistema e mettete i cunei al veicolo.
- 3 Sollevare la ruota e accedere:** staccate da terra la ruota interessata, se necessario smontate il cerchio; raggiungete il sensore e il percorso del cavo.
- 4 Scollegare il connettore:** sganciate con cura il connettore del sensore dal suo blocco; non forzate né rompete la clip, annotate l'eventuale corrosione.
- 5 Rimuovere il vecchio sensore:** nel tipo con clamping bush il sensore si estrae ruotandolo leggermente; se è bloccato, liberatelo ruotandolo con una pinza, senza forzare il foro.
- 6 Pulire la sede e il tone ring:** rimuovete ruggine e sporco dalla sede del sensore; ispezionate a vista i denti del tone ring e, in presenza di denti rotti/otturati, sostituite anche l'anello.
- 7 Montare la nuova bussola di serraggio (bush):** nella maggior parte delle applicazioni si usa una nuova clamping bush insieme al sensore; questo assicura che il sensore si posizioni saldamente alla giusta distanza dal tone ring.

- 8 Preparare la punta del sensore:** sulla testa del sensore si può applicare un sottile strato di grasso/pasta consigliato dal costruttore (consultare il manuale OE); non graffiate la punta e tenetela pulita.
- 9 Spingere il sensore a fondo:** inserite il sensore nella sede fino al contatto con il tone ring. In molte progettazioni il traferro si assesta automaticamente alla prima rotazione della ruota; nei tipi che richiedono una misura, verificate il traferro.
- 10 Collegare il cavo con il percorso corretto:** fate passare il cavo nelle sue fascette originali; tenetelo lontano da parti rotanti/in movimento, dallo scarico e dai bordi taglienti. Bloccate completamente il connettore.
- 11 Cancellare, testare e provare su strada:** cancellate la memoria guasti con lo strumento diagnostico, verificate la velocità ruota nei dati in tempo reale; con una prova su strada controllata a bassa velocità, confermate che la spia ABS resti spenta.

Aspetti da considerare (errori frequenti)

⚠ ATTENZIONE —

Errore più frequente: non lavorare in base al codice, ma in base al sintomo. Sostituire sensori a caso perché "la spia ABS è accesa" è una comune perdita di tempo e denaro. La maggior parte dei problemi non è nel sensore, ma nel traferro, nel dente del tone ring, nella corrosione del connettore o nel gioco del cuscinetto del mozzo. Prima leggete, poi smontate.

⚠ ATTENZIONE —

Non trascurate il cuscinetto del mozzo: un cuscinetto ruota usurato modifica durante la rotazione la distanza tra tone ring e sensore, generando un errore di "segnale intermittente". Se l'errore persiste anche con un sensore appena montato, controllate il gioco del cuscinetto.

- Montare un sensore di lunghezza/tipo errato — il sensore si posiziona ma il segnale non arriva mai.
- Dimenticare di spingere il sensore contro il tone ring; lasciare un traferro eccessivo.
- Non bloccare completamente il connettore o rimontare un connettore infiltrato d'acqua senza pulirlo.
- Sostituire solo il sensore senza notare la rottura/l'otturazione di fango del dente del tone ring.
- Far passare il cavo lungo un percorso vicino a parti rotanti o superfici calde — in breve tempo si sfrega e si rompe.
- Tentare di decidere "integro/guasto" misurando la resistenza su un sensore attivo; sul tipo attivo il metodo corretto è il controllo di segnale/alimentazione.
- Uscire per la prova su strada senza cancellare la memoria guasti; interpretare in modo errato il risultato a causa della vecchia registrazione.

Valori tecnici e punti di controllo

I valori seguenti sono intervalli di **riferimento tipico/generale** comunemente riscontrati sui veicoli commerciali pesanti; il valore preciso varia in base al veicolo, all'assale e al tipo di sensore e fa sempre fede il manuale di assistenza OE.

Parametro	Riferimento tipico / generale	Nota
Resistenza bobina sensore passivo	~ 1.000 – 2.500 ohm	Varia in base al tipo; fate fede al valore OE
Traferro (air gap)	~ 0,1 – 1,5 mm	La maggior parte dei tipi si assesta da sé; nei tipi che richiedono la misura consultate il manuale
Uscita AC alla velocità di prova (passivo)	da alcune centinaia di mV in su, ruotando a mano	L'ampiezza deve crescere rapidamente; se è bassa/costante c'è un problema
Isolamento (sensore – telaio/massa)	molto alto (in pratica circuito aperto)	Valore basso = dispersione cavo/corpo
Resistenza pin connettore	trascurabile (≈ 0 ohm)	Resistenza alta = corrosione/allentamento
Intervallo temperatura di esercizio	circa da -40 °C a +150 °C	In prossimità del freno deve resistere ad alte temperature

Anche i valori di coppia per il montaggio del sensore e i collegamenti circostanti sono di riferimento generale; per il valore preciso fa fede il manuale del costruttore:

Collegamento	Coppia tipica (riferimento generale)
Vite supporto sensore / staffa (M6)	~ 6 – 9 Nm
Vite supporto sensore / staffa (M8)	~ 15 – 25 Nm
Fissaggi fascette/clip del cavo	serraggio a mano + blocco fascetta (non richiede coppia)



CONSIGLIO –

Consiglio dal campo: se la resistenza del sensore è al limite, ripetete la misura muovendo il sensore e flettendo il cavo. Se il valore resta costante il sensore è probabilmente integro; se muovendolo salta, significa che c'è un'interruzione nel cavo/connettore.

- Ci sono rotture, ammaccature o otturazioni di fango/ruggine sui denti del tone ring? Controllate a vista e a mano.
- La punta del sensore è inserita fino a toccare il tone ring, o è in gioco?
- Nel connettore ci sono corrosione verde, tracce d'acqua o pin allentati?
- Lungo il percorso del cavo ci sono tracce di sfregamento, schiacciamento o danno da calore?
- Il cuscinetto ruota presenta un gioco percepibile (che altera la distanza del sensore)?
- Dopo la cancellazione lo stesso codice ritorna, oppure è stato eliminato?

Manutenzione e durata

Il sensore di velocità ruota ABS non è un ricambio a sostituzione periodica; funziona finché non insorge un guasto. Tuttavia la sua durata dipende direttamente dalle condizioni ambientali a cui è esposto. Fango intenso, sale, prodotti chimici stradali e vibrazioni continue riducono la vita del sensore e in particolare del gruppo cavo-connettore. Per questo, nella manutenzione periodica, l'obiettivo non è controllare il sensore ma tenere sotto controllo le condizioni ambientali.

- A ogni manutenzione dei freni ispezionate a vista il cavo e il connettore del sensore; cercate sfregamenti e allentamenti.
- Pulite la zona del tone ring con aria compressa/spazzola asciutta; non dirigete acqua ad alta pressione direttamente sulla punta del sensore.
- Assicuratevi che i connettori siano bloccati e asciutti; su un connettore infiltrato d'acqua applicate una tenuta idonea.
- Nella manutenzione del mozzo/cuscinetto verificate che la distanza del sensore sia mantenuta.
- Se su una linea sensore si ripete un errore, valutate come un insieme unico il sensore insieme al cavo e al connettore.
- Lavorando sull'assale (cuscinetto, freno, mozzo) proteggete il sensore da sporco e urti; se smontato, rimontatelo pulito.

Con il sensore del tipo corretto, un cablaggio integro e un tone ring ben posizionato, l'impianto ABS funziona per anni senza problemi. La cosa fondamentale è non rimandare la spia di guasto con un "ci guardo dopo"; anche se con l'ABS disattivato il veicolo sembra frenare, il margine di sicurezza si è ridotto in modo serio.

Domande frequenti

La spia ABS è accesa ma il freno funziona: posso continuare a guidare?

Su brevi distanze il veicolo si ferma, ma l'ABS è disattivato; in una frenata brusca la ruota si blocca, il semirimorchio può mettersi a coltello e lo spazio di arresto si allunga. È necessario far diagnosticare e risolvere il guasto al più presto; il rischio è particolarmente elevato su strada bagnata/scivolosa.

Il guasto di un solo sensore disattiva tutto l'ABS?

Nella maggior parte dei sistemi per veicoli pesanti, l'errore del sensore di una ruota può portare, per motivi di sicurezza, alla disattivazione di quell'assale o dell'intera funzione ABS/ASR. Per non mettere a rischio la ruota di cui "non è sicuro", il sistema spegne l'ABS; per questo anche un solo sensore va preso sul serio.

Ho sostituito il sensore ma la spia ABS è ancora accesa, perché?

Le cause più frequenti: memoria guasti non cancellata, montaggio di un sensore di tipo/lunghezza errata, dente del tone ring danneggiato, connettore corrosivo o gioco del

cuscinetto del mozzo. Prima cancellate il DTC e rileggetelo; se il codice indica ancora la stessa ruota, controllate tone ring e cuscinetto.

Devo regolare il traferro (air gap) a mano?

In molte progettazioni moderne il sensore si spinge a fondo nella sede e il traferro si assesta da solo alla prima rotazione della ruota. In alcuni tipi è invece necessaria la misura con lo spessimetro. Il metodo corretto dipende dal tipo di veicolo/assale; consultate il manuale di assistenza OE.

Come distinguo il sensore passivo da quello attivo, sono intercambiabili?

Il sensore passivo ha due fili e genera segnale senza ricevere alimentazione; il sensore attivo è alimentato e fornisce un segnale digitale. I due sono elettricamente diversi e deve essere montato quello che l'architettura dell'ECU si aspetta; uno scambio arbitrario porta al mancato funzionamento del sistema.

Come capisco con il multimetro se il sensore è integro?

Su un sensore passivo potete misurare la resistenza e verificare se rientra nell'intervallo di riferimento OE, poi controllare la generazione di tensione AC facendo girare la ruota. Su un sensore attivo la misura di resistenza di solito non dà risultati significativi; alimentazione e segnale si verificano preferibilmente con l'oscilloscopio.

Si sostituisce anche il tone ring (corona dentata), o basta il solo sensore?

Se il dente del tone ring presenta rotture, ammaccature o otturazioni di fango/ruggine, la sola sostituzione del sensore non risolve il problema. Con denti irregolari il segnale resta distorto; in questo caso va rinnovato anche il tone ring. Poiché l'anello è per lo più pressato sul mozzo/flangia, la manodopera va pianificata a parte.

Quando il cavo del sensore si rompe, si può giuntare e riparare?

Anche se una soluzione temporanea può sembrare possibile, la linea del sensore ABS trasporta un segnale sensibile a basso livello; una giunzione mal fatta aumenta il rischio di corrosione e contatto intermittente. La soluzione più sana è sostituire il sensore completo di cavo/connettore con un ricambio originale equivalente.

Quando il sensore di velocità ruota ABS, il tone ring e l'ECU funzionano correttamente, il vostro veicolo commerciale pesante resta in carreggiata a ogni frenata. La famiglia di prodotti Sensore di Velocità Ruota ABS ed ECU VADEN ORIGINAL è progettata per prestazioni e durata equivalenti all'OE, con tipi di sensore passivo e attivo adatti alle applicazioni sugli assali anteriore e posteriore dei veicoli commerciali pesanti, con la corretta clamping bush e le opzioni di connettore. Con la scelta del ricambio corretto e le fasi di diagnosi-sostituzione di questa guida, potete spegnere in modo definitivo la spia di avviso ABS.