



Il sistema di segnalamento sulla rete
ferroviaria italiana

Il sistema di segnalamento

Che cosa è?

Il sistema di segnalamento è costituito dall'insieme delle procedure e degli strumenti atti a garantire la marcia in sicurezza del treno.

Perché è necessario?



Indice

- ▶ **Sistemi di blocco**
- ▶ **Segnalamento luminoso e segnali complementari**
- ▶ **Blocco Automatico a Correnti Codificate (BACC)**
- ▶ **Automatic Train Protection (ATP):**
 - ❖ Ripetizione dei segnali in cabina
 - ❖ Frenatura di emergenza e concetto di overlap
 - ❖ Controllo della velocità
- ▶ **Automatic Train Operation (ATO)**
- ▶ **Sistema di controllo della marcia del treno (SCMT)**
- ▶ **Sistema di supporto alla condotta (SSC)**
- ▶ **Il sistema europeo di controllo della marcia dei treni (ETCS)**
- ▶ **Sistemi di interlocking**



Sistemi di blocco

- ▶ **Blocco telefonico**
- ▶ **Blocco elettrico manuale**
- ▶ **Blocco elettrico automatico a circuiti di binario**
- ▶ **Blocco automatico conta-assi**



Regimi di circolazione

- ▶ **regime del consenso:** impone la richiesta di concessione della via libera da un posto di movimento al successivo. Le sezioni di linea sono pertanto considerate normalmente occupate e vengono liberate di volta in volta mediante la concessione su richiesta del consenso per l'inoltro di ciascun treno.
- ▶ **regime del giunto:** richiede la trasmissione dell'informazione che il treno è arrivato nella sua interezza da ciascun posto di movimento a quello precedente. Le sezioni di linea sono quindi considerate normalmente libere una volta che la suddetta informazione sia arrivata a destinazione e da questo momento il posto a monte può inviare un ulteriore treno appena se ne presenta la necessità;



Blocco telefonico

L'utilizzo di tale sistema di blocco richiede lo scambio di informazioni attraverso la trasmissione di dispacci telefonici registrati fra le diverse stazioni o posti di blocco intermedi sulla base di formulari standardizzati.

Sulla rete italiana il blocco telefonico è ormai in disuso, ma rimane tuttavia uno dei sistemi utilizzati in condizioni di anormalità o guasto degli altri (regime degradato).



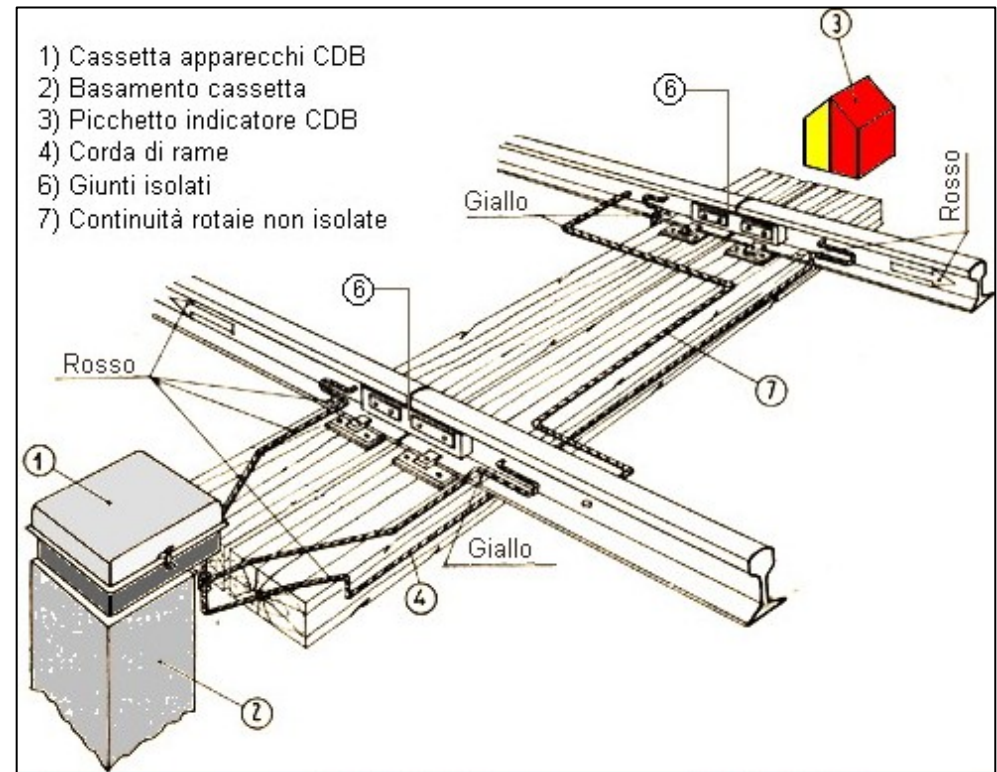
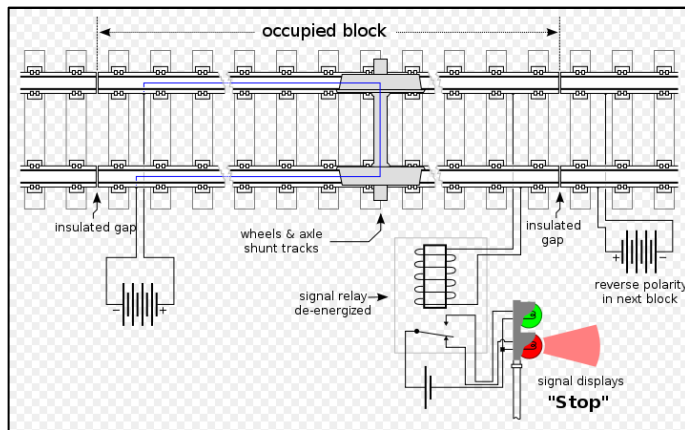
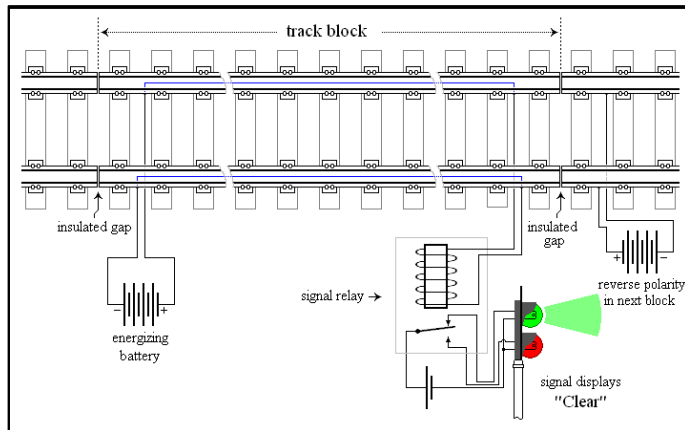
Blocco elettrico manuale

Il sistema di blocco elettrico manuale si basa su un impianto elettrico che pone in collegamento fra loro i posti di blocco, per mezzo del quale la possibilità di disporre a via libera il segnale di ingresso in ciascuna sezione è subordinata al ricevimento di un consenso elettrico dal posto successivo.

Le relative apparecchiature assicurano che il consenso accordato da ciascun posto al precedente possa essere utilizzato per un solo treno, in quanto questo, entrando nella sezione, si protegge automaticamente agendo su un dispositivo di occupazione (pedale, circuito di binario o simile), che fa disporre a via impedita il segnale di ingresso nella sezione. A questo punto il posto a valle non può concedere un nuovo consenso fin quando il treno in marcia sulla tratta non l'abbia liberata agendo su un apposito dispositivo di liberazione.



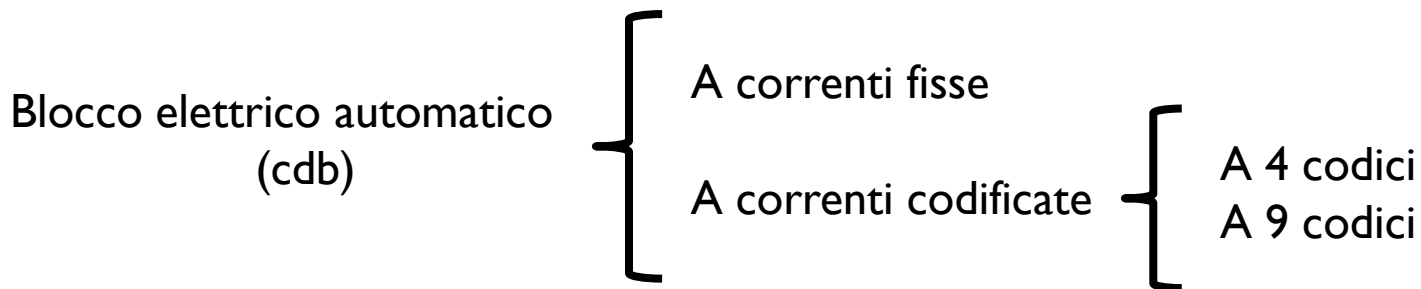
Blocco automatico a correnti fisse o codificate - circuiti di binario



Blocco automatico a correnti fisse o codificate - circuiti di binario

I circuiti di binario sono circuiti elettrici realizzati utilizzando come conduttori le rotaie: si collegano le due rotaie del binario ad una sorgente di forza elettromotrice e si chiude il circuito su uno strumento di misura, ottenendo così la circolazione di una corrente elettrica.

Abbiamo un generatore di corrente ad una estremità e un dispositivo di rilevamento (relè) all'altra. Se non è presente alcun convoglio, il generatore alimenta, tramite le rotaie, direttamente il relè di binario che risulta così eccitato; mentre, in presenza di un asse, l'alimentazione risulta cortocircuitata ed il relè si diseccita, ponendo il segnale a via impedita. Se il sistema si guasta, non circola corrente e dunque viene automaticamente bloccato l'ingresso alla sezione.



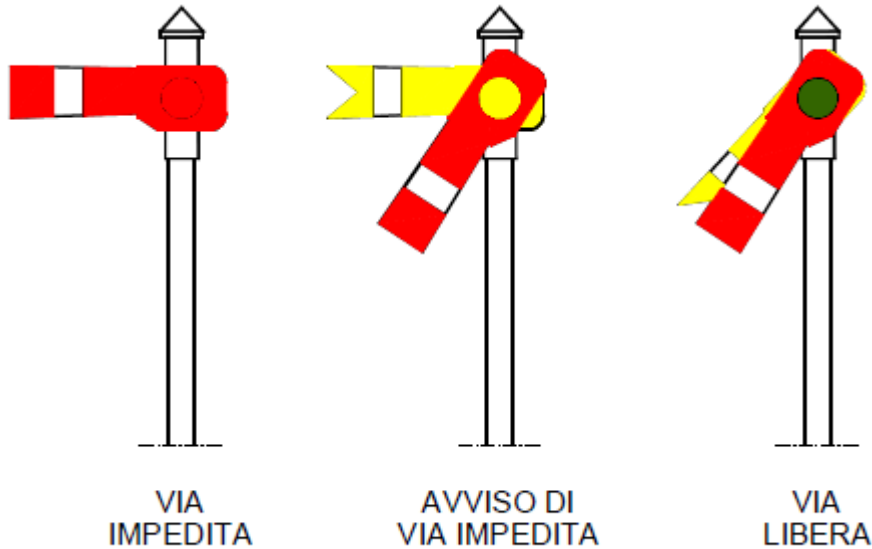
Blocco automatico conta-assi

Tale sistema di blocco permette la trasmissione dell'informazione relativa alla libertà della via in forma automatica, attraverso un dispositivo in grado di contare il numero di assi transitati in uscita e di confrontarlo con quelli transitati in ingresso. L'evidente vantaggio sta nel non richiedere impianti ed attrezzature lungo linea ma solo presso le stazioni ed i posti di blocco intermedi. Questo tipo di blocco si è dapprima diffuso sulla rete tedesca, trovando successivamente ampia applicazione in numerosi altri stati. In Italia questo sistema è diffuso sulla rete secondaria a traffico medio-scarso.



Evoluzione del segnalamento

▶ Segnalamento semaforico

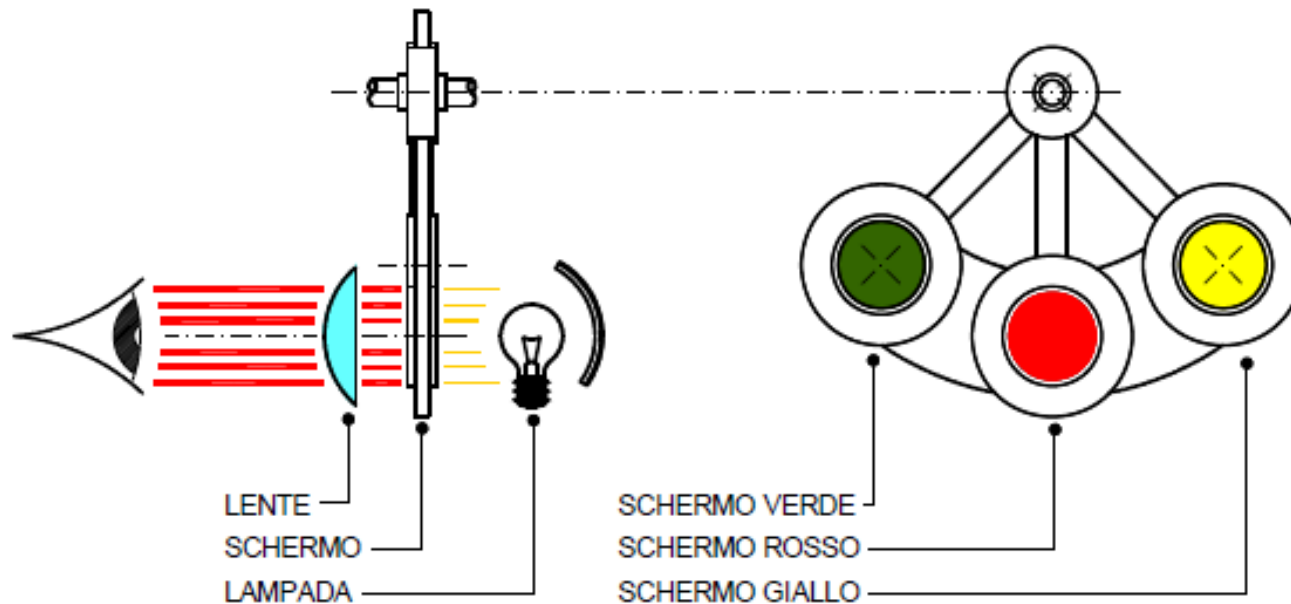


Esempio di funzionamento: <http://www.youtube.com/watch?v=M8v5D06uiQk>



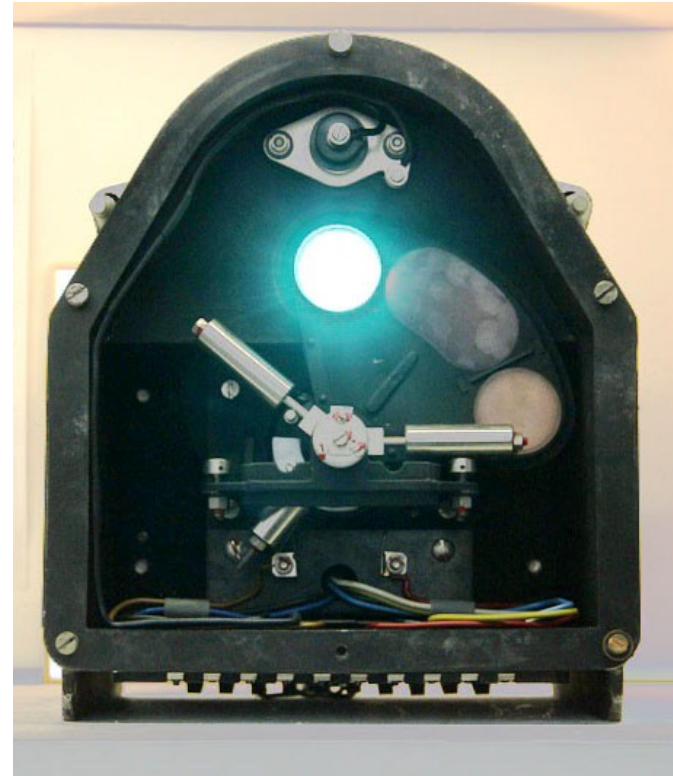
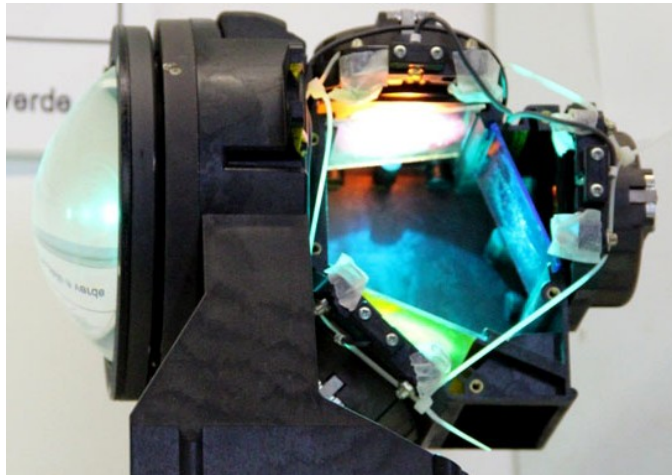
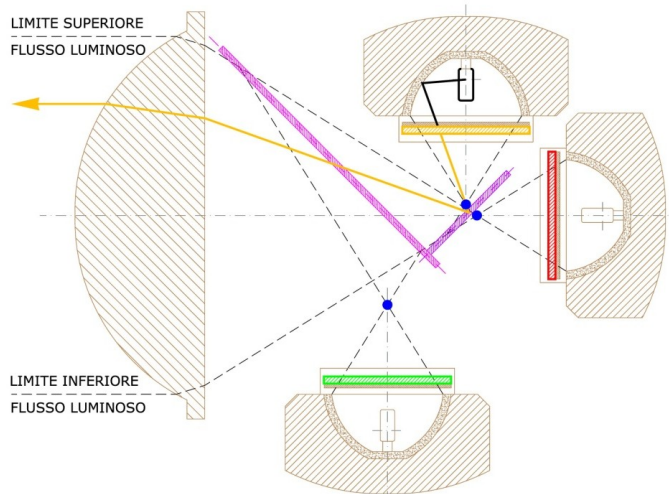
Evoluzione del segnalamento

► Segnali luminosi



Evoluzione del segnalamento

► Segnali luminosi



Segnalamento luminoso 1/4

Il segnalamento luminoso è stato adottato sulla rete italiana a partire dal 1925 (è tuttavia del 1928 il primo Regolamento sui Segnali) con la scelta dei **colori rosso** (universalmente corrispondente al significato più restrittivo di arresto), **giallo** (per le segnalazioni di avviso), **verde** (per la via libera).

Dal punto di vista del significato si distinguono:

- ▶ Segnali di prima categoria: posti immediatamente a monte del punto da proteggere e pertanto non devono essere mai oltrepassati a via impedita (*ad eccezione dei segnali permissivi*)
- ▶ Segnali di avviso: posti a monte di quelli di prima categoria al fine di fornire al conduttore del treno le informazioni utili al rispetto di questi



Segnalamento luminoso 2/4

► Distanziamento minimo tra i segnali luminosi

Sulla rete italiana la distanza minima ammissibile fra due segnali è generalmente pari a 600 m e sale a 900 m sulle linee attrezzate con blocco automatico atto alla ripetizione in cabina dei segnali. Eccezioni a tale regola sono possibili (distanza anormalmente ridotta) previa adozione di apposito segnalamento.

<i>Velocità massima [km/h]</i>	<i>Pendenza media in salita [‰]</i>	<i>Distanza normale fra segnali di avviso e prima categoria [m]</i>	<i>Distanza normale fra segnali di prima categoria [m]</i>	<i>Distanza ridotta fra segnali di prima categoria [m]</i>
≤ 110	≥ 10	800	800	600÷700
	< 10	1000	1000	600÷900
>110	≥ 10	1000	1000	600÷900
	< 10	1200	1200	600÷1000



Segnalamento luminoso 3/4

Con il progredire della velocità dei treni è divenuta sempre più pressante l'esigenza di fornire al personale di condotta più precise indicazioni per regolare la marcia del treno. Attualmente, Rete Ferroviaria Italiana (RFI) adotta il segnalamento a luci abbinata con possibilità di lampeggiamento, dai quali si ottengono le seguenti indicazioni:

per i segnali di prima categoria:

- ▶ una luce verde: via libera;
- ▶ una luce rossa ed una verde fisse: via libera con conferma di riduzione di velocità a 30, 60 o 100 km/h a seconda delle indicazioni del segnale precedente;
- ▶ una luce rossa: via impedita.



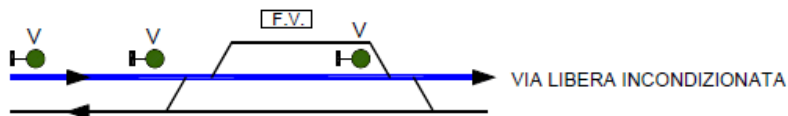
Segnalamento luminoso 4/4

per i segnali di avviso:

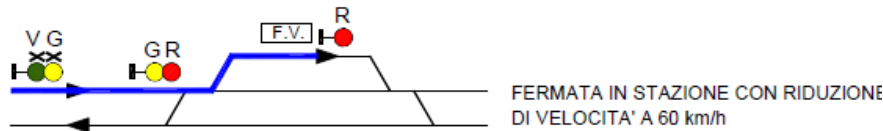
- ▶ una luce verde: avviso di via libera senza limitazione di velocità;
- ▶ una luce gialla ed una verde lampeggianti alternativamente: avviso di via libera con limitazione di velocità a 100 km/h a valle del successivo segnale;
- ▶ una luce gialla ed una verde lampeggianti simultaneamente: avviso di via libera con limitazione di velocità a 60 km/h a valle del successivo segnale;
- ▶ una luce gialla ed una verde: avviso di via libera con limitazione di velocità a 30 km/h a valle del successivo segnale;
- ▶ una luce gialla lampeggiante: avviso di via libera con successivi segnali posti a distanza reciproca normalmente ridotta (600÷1200 m);
- ▶ una luce gialla: avviso di via impedita;
- ▶ Una luce rossa ed una gialla fisse: via libera con riduzione di velocità a 30 o 60 km/h a seconda dell'indicazione data dal segnale precedente. Avvisa un successivo segnale a via impedita.
- ▶ due luci gialle: avviso di via impedita con successivo segnale posto a distanza anormalmente ridotta (350÷600 m).



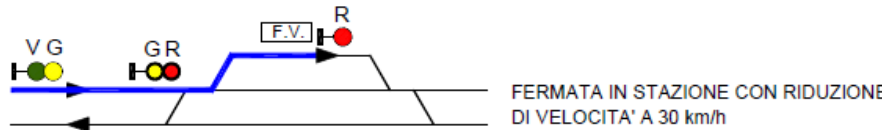
Segnalamento luminoso – Alcuni Esempi



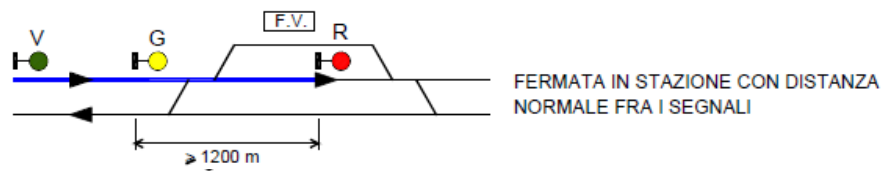
VIA LIBERA INCONDIZIONATA



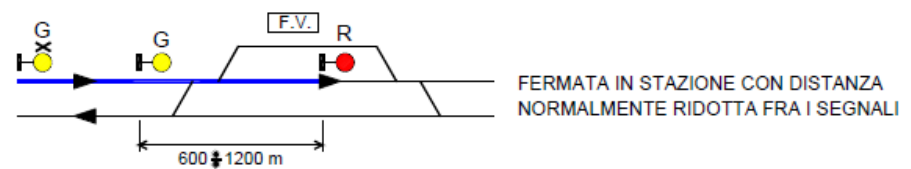
FERMATA IN STAZIONE CON RIDUZIONE DI VELOCITA' A 60 km/h



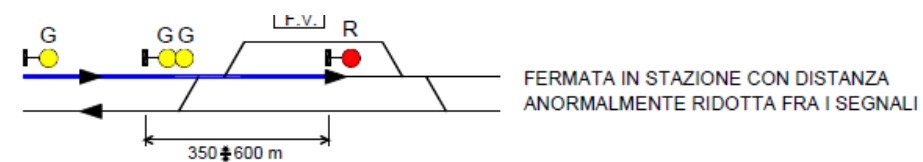
FERMATA IN STAZIONE CON RIDUZIONE DI VELOCITA' A 30 km/h



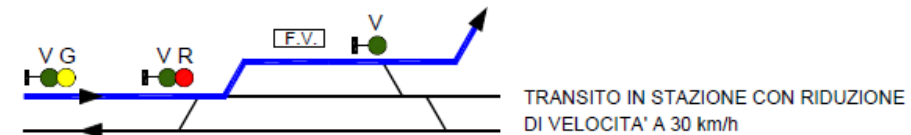
FERMATA IN STAZIONE CON DISTANZA NORMALE FRA I SEGNALI



FERMATA IN STAZIONE CON DISTANZA NORMALMENTE RIDOTTA FRA I SEGNALI



FERMATA IN STAZIONE CON DISTANZA ANORMALMENTE RIDOTTA FRA I SEGNALI

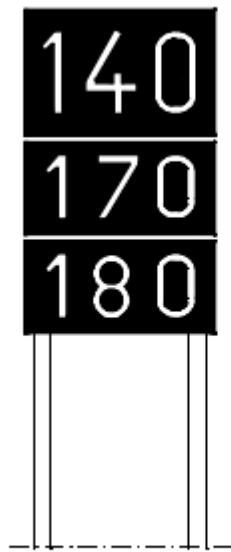


TRANSITO IN STAZIONE CON RIDUZIONE DI VELOCITA' A 30 km/h

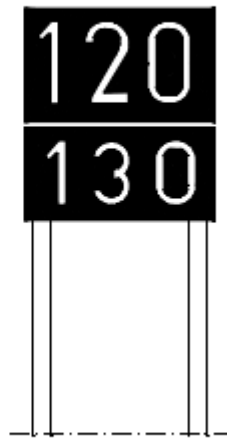
I diversi esempi si riferiscono sempre allo stesso schema di stazione con i medesimi segnali a luci abbinati.



Segnali complementari

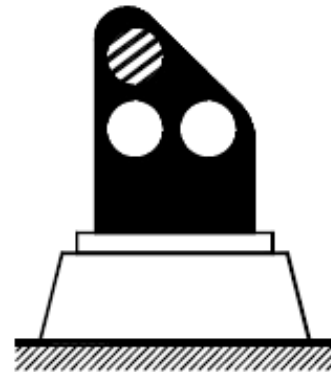


RANGHI A, B, C

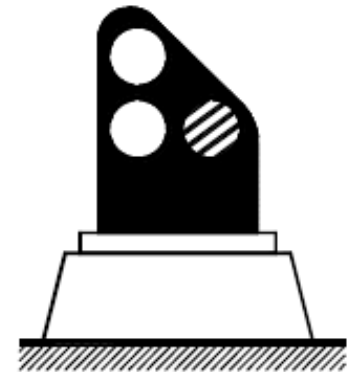


RANGHI A, B

SEGNALI BASSI LUMINOSI



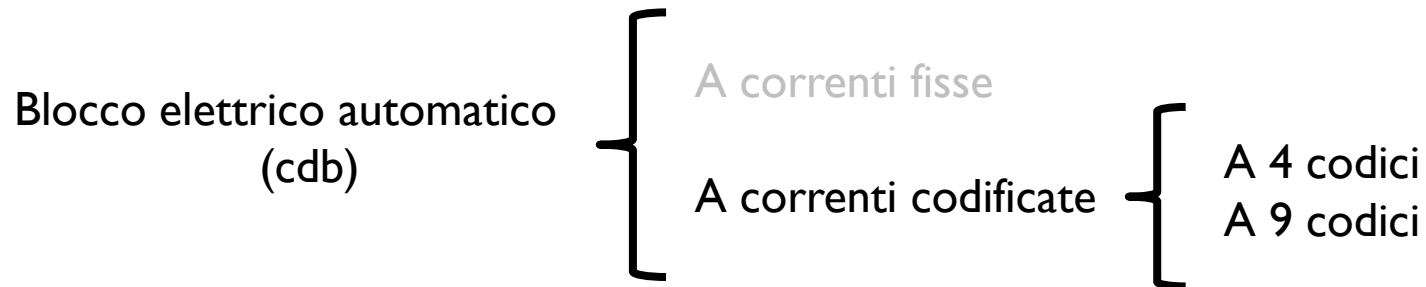
VIA IMPEDITA



VIA LIBERA



Blocco elettrico Automatico a Correnti Codificate (B.A.C.C.)



Il Blocco elettrico Automatico a Correnti Codificate (BACC), si basa sulla codifica dei circuiti di binario la quale permette di aumentare il numero delle informazioni che possono essere trasmesse al veicolo rispetto ai semplici segnali luminosi; in particolare, concatenando i codici dei circuiti di binario adiacenti, è possibile stabilire il numero di circuiti di binario che separano due veicoli che percorrono lo stesso binario.

La frequenza di base con cui vengono inviati gli impulsi di corrente è di 50 Hz. I codici si ottengono interrompendo l'alimentazione periodicamente, ad esempio 75 volte al minuto (ogni 0,8 s per il codice 75). Variando la periodicità dell'interruzione si ottengono gli altri codici: 120, 180 e 270, a cui corrispondono rispettivamente interruzioni ogni 0,5, 0,3 e 0,2 s. Aggiungendo una ulteriore frequenza di alimentazione a quella di base, è possibile salire a 9 codici.

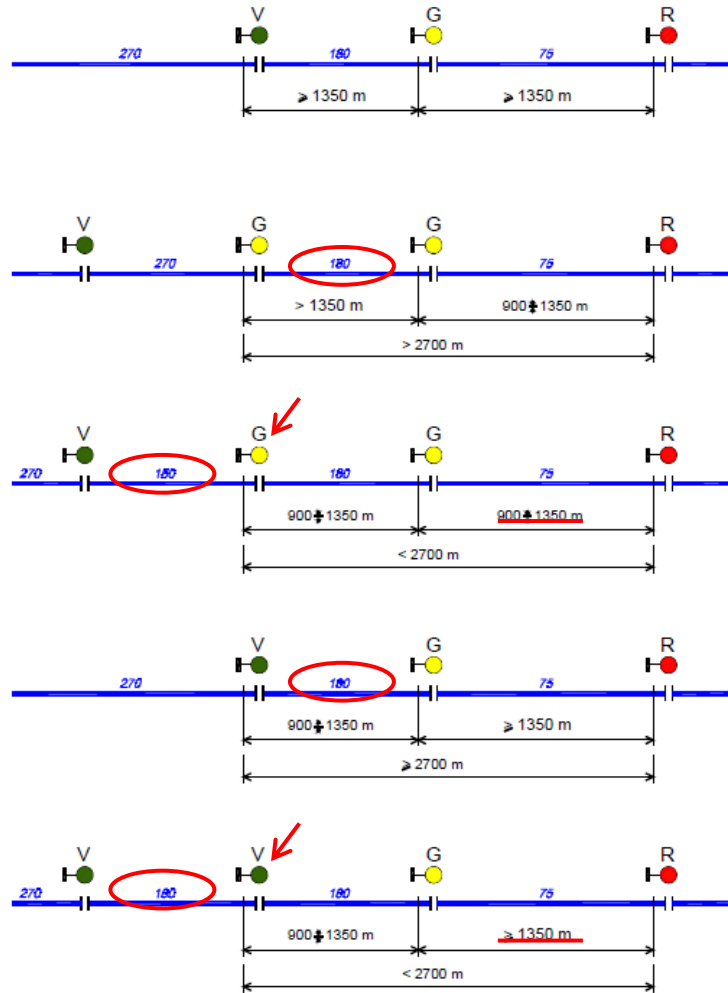


Il sistema B.A.C.C. (4 codici)

<i>Codice</i>	<i>Significato</i>	<i>Aspetto segnale</i>	<i>Indicazione in cabina</i>
270	Via libera incondizionata	Verde	Verde
180	Preavviso di segnale di prima categoria ad aspetto restrittivo	Verde	Bianco
120	Avviso di riduzione di velocità a 30 o 60 km/h	Giallo Verde o Giallo Verde lampeggiante	RV
75	Avviso di via impedita	Giallo	Giallo
Assenza codice	Via impedita	Rosso	AC



Il sistema B.A.C.C.



Il sistema B.A.C.C. (9 codici) - linee ad alta velocità

Per le esigenze della circolazione a velocità superiori, che richiede più di due sezioni di blocco libere fra due treni che si inseguono sullo stesso binario, è pertanto stato sviluppato già negli anni '70, in occasione della progressiva apertura all'esercizio della linea direttissima Roma – Firenze, un sistema a correnti codificate più complesso, tuttora operativo, che prevede l'aggiunta alla frequenza base di 50 Hz di una frequenza supplementare di 178 Hz.

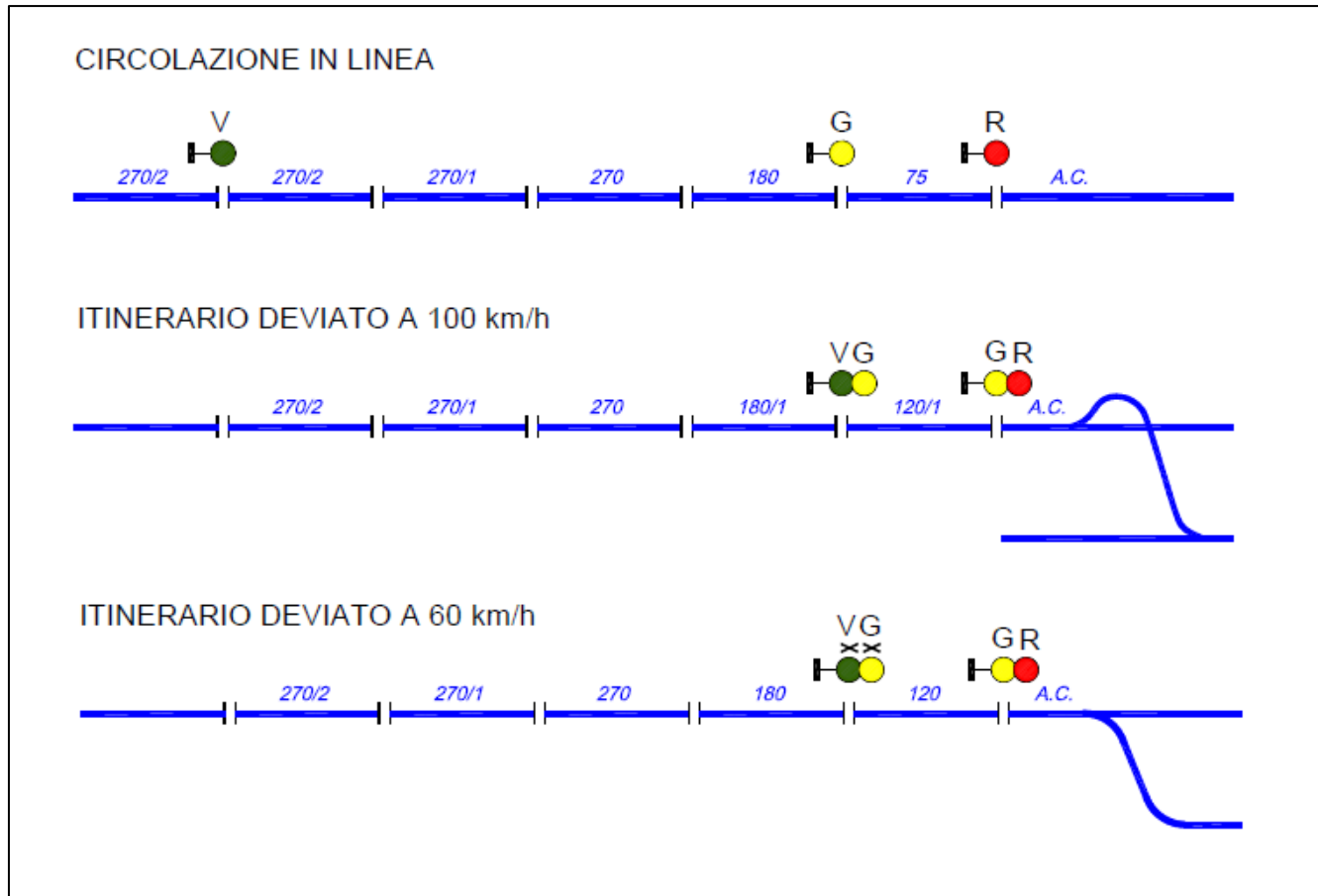
		Frequenza base (50 Hz)				
		<i>A.C.</i>	<i>cod.75</i>	<i>cod.120</i>	<i>cod.180</i>	<i>cod.270</i>
Frequenza Aggiunta (178 Hz)	<i>A.C.</i>	x	75	120	180	270
	<i>cod.75</i>	x	x	120/1	180/1	270/1
	<i>cod.120</i>	x	x	x	x	270/2
	<i>cod.180</i>	x	x	120/2	x	X
	<i>cod.270</i>	x	x	x	x	X



Il sistema B.A.C.C. (9 codici) - linee ad alta velocità

Codice ricevuto	50 Hz	178 Hz	Significato del successivo segnale
75	75	---	Via impedita
120	120	---	Via libera con riduzione della velocità a 30, 60 o 100 Km/h
120*	120	75	Via libera con riduzione della velocità a 100 Km/h
120**	120	120	Via libera con riduzione della velocità a 130 Km/h
180	180	---	Via libera con preavviso di via impedita o via libera con riduzione della velocità
180*	180	75	Via libera con riduzione della velocità a 100 Km/h o 130 Km/h o velocità massima ridotta a 150 Km/h
270	270	---	Via libera a velocità massima 180 Km/h
270*	270	75	Via libera a velocità massima 220 Km/h
270**	270	120	Via libera a velocità massima 250 Km/h

Il sistema B.A.C.C. (9 codici) - linee ad alta velocità



Automatic Train Protection (ATP)

L'aumento della velocità dei treni e dell'intensità di circolazione ha accresciuto l'esigenza di fornire al personale di condotta idonei strumenti di ausilio al rispetto dei segnali disposti lungo la linea. Tali strumenti (usualmente denominati come sistemi ATP '*Automatic Train protection*') possono andare dal semplice avvertimento di un segnale più restrittivo del precedente, fino ai più progrediti sistemi di controllo automatico della marcia, che assicurano lo scambio di informazioni tra veicolo e via.

In particolare, nel seguito descriveremo tre importanti funzioni del sistema ATP:

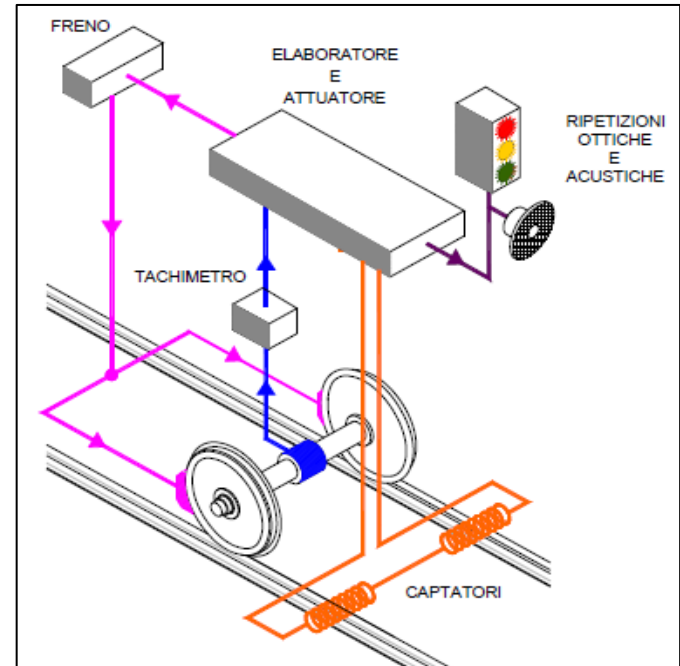
- ▶ **Ripetizione dei segnali in macchina**
- ▶ **Frenatura di emergenza**
- ▶ **Controllo della velocità**



Ripetizione dei segnali in macchina

In particolare, i sistemi di ripetizione del segnale in cabina possono essere:

- ▶ **Continui:** quando il treno riceve in permanenza le informazioni dalle apparecchiature fisse.
- ▶ **Discontinui:** quando le informazioni vengono trasmesse solo in punti definiti della linea.

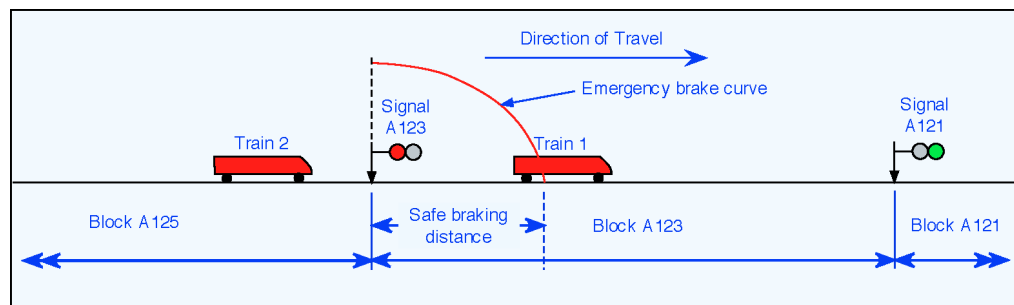
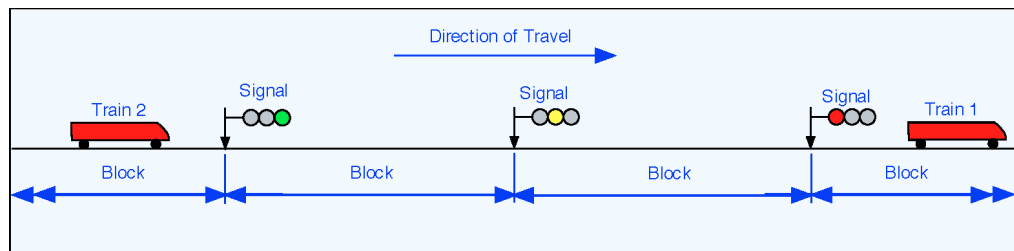


Essi offrono maggiori garanzie di **sicurezza:**

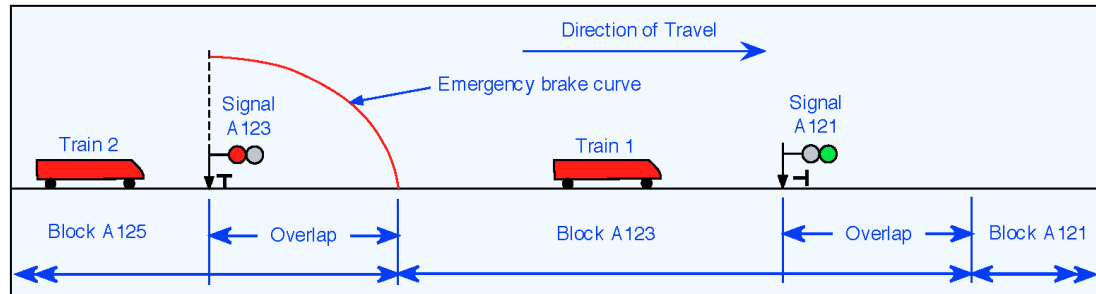
- il conducente riceverà informazioni sempre aggiornate in cabina e quindi non rischierà di dimenticare l'aspetto di un segnale;
- sarà immediatamente avvertito nel caso di situazioni di malfunzionamento che portano a norme di conduzione più restrittive;
- tutela da condizioni atmosferiche avverse.

Frenatura di emergenza

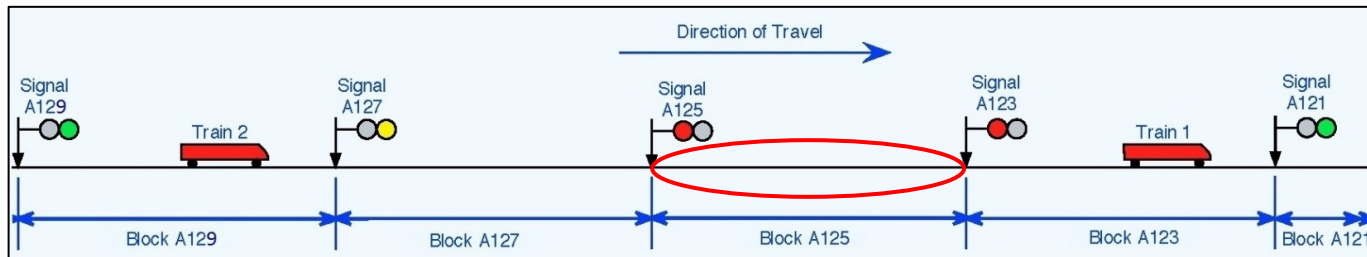
La ripetizione in cabina dei segnali, ancorché integrata dai dispositivi di riconoscimento, **non è sufficiente a risolvere completamente il problema della sicurezza della circolazione rispetto al comportamento del guidatore**; ad esempio potrebbe succedere che il macchinista disattento superi un segnale disposto a via impedita. In questo caso entra in gioco una seconda funzione del sistema ATP che è la frenata di emergenza.



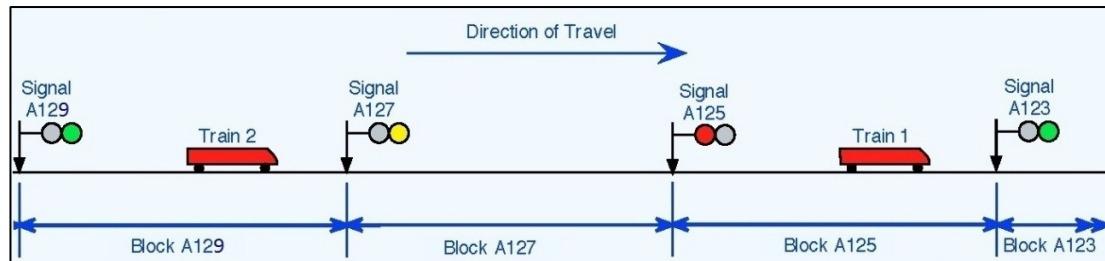
Il concetto di overlap



Overlap come distanza di arresto in sicurezza



Overlap come sezione tampone (RRGV)



Assenza di overlap grazie al trasferimento della curva di frenatura (RGV)


Controllo di velocità

Per accrescere ulteriormente il livello di sicurezza si rende necessario un controllo di velocità vero e proprio, che verifichi la congruenza fra la velocità del convoglio ed i limiti imposti dal segnalamento.

Tale controllo può avvenire secondo due modalità:

a gradini di velocità: la velocità massima ammissibile viene controllata all'ingresso delle sezioni di blocco (sistema BACC).

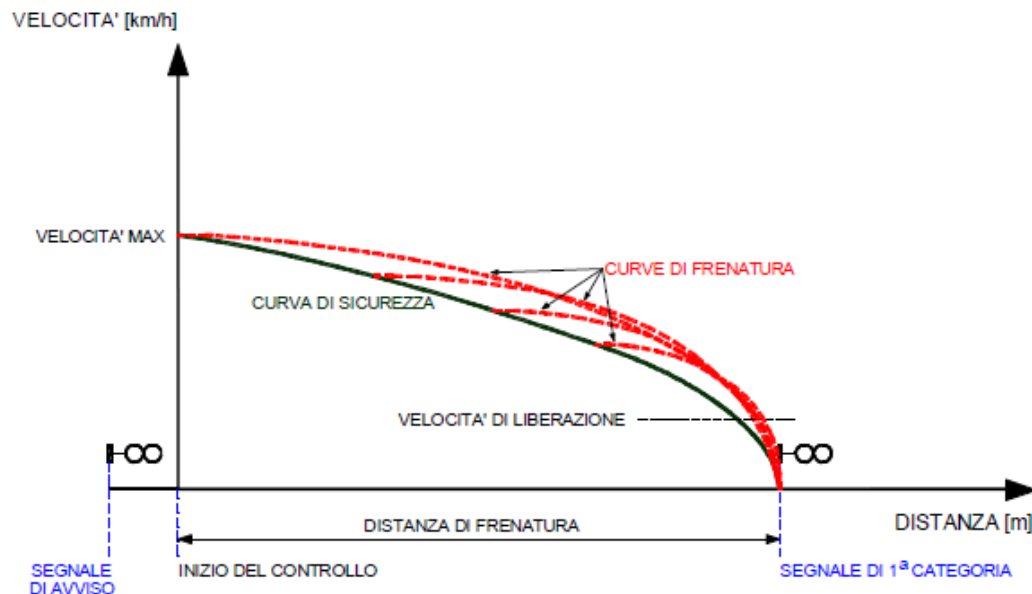
continua: si verifica istantaneamente che la velocità del convoglio non ecceda quella massima teorica da cui dovrebbe iniziare una frenatura d'urgenza per consentire al convoglio di rispettare l'indicazione del successivo segnale.



Controllo di velocità e determinazione delle curve di frenatura

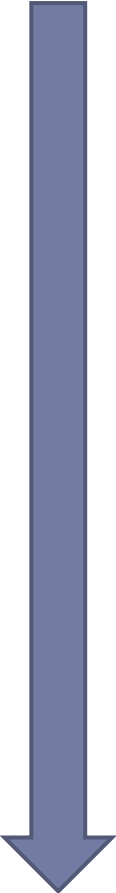
Curva di frenatura = f (velocità attuale, caratteristiche dell'infrastruttura, tipologia di convoglio, aspetto dei segnali).

La velocità reale è determinata da un generatore tachimetrico calettato sugli assi della locomotiva, mentre quella massima teorica viene determinata a bordo sulla base della curva di sicurezza (luogo dei punti di inizio delle curve di frenatura).



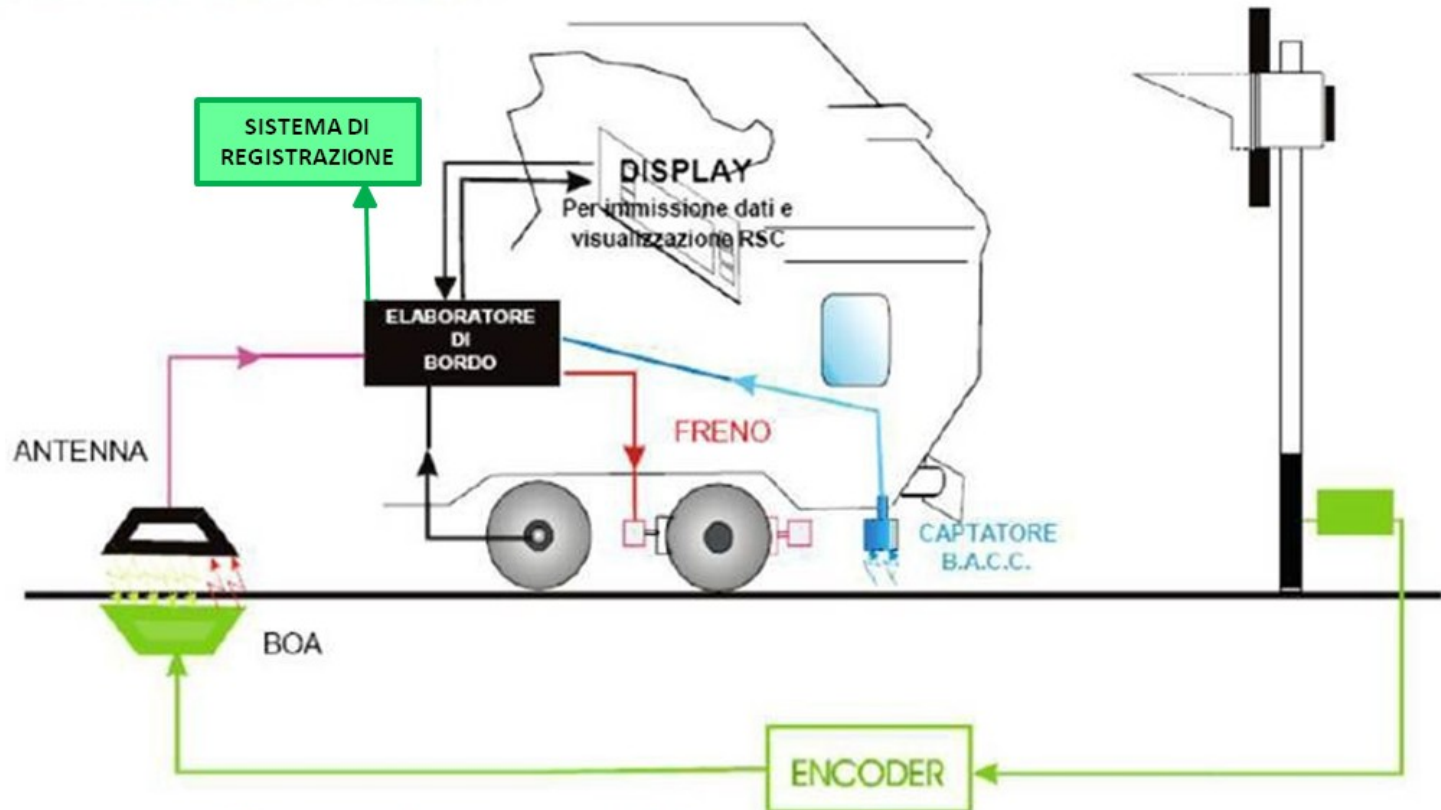
Automatic Train Operation (ATO)

Il sistema ATO si definisce come l'insieme dei dispositivi atti a consentire una completa automatizzazione delle operazioni di guida.

- 
- **Guida manuale:** il conducente è completamente responsabile delle operazioni di guida.
 - **Guida manuale con supervisione tecnica:** è presente un sistema ATP che supervisiona l'operato del conducente ed impone azioni correttive.
 - **Guida parzialmente automatizzata:** in questo caso, alcuni compiti sono affidati al conducente e altri al sistema automatico.
 - **Guida automatica associata ad una azione di supervisione da parte del conducente:** tale sistema consente la guida automatica del convoglio, ma il conducente ha comunque il compito di controllare visivamente i binari e intervenire in caso di pericolo.
 - **Guida completamente automatizzata:** in questo caso il processo è interamente automatizzato, per cui non vi è la presenza di alcun macchinista a bordo. Esempi di linee che implementano tale sistema sono le linee metropolitane di Parigi, Lille, Londra, Vancouver e Copenaghen.
-

Il Sistema di Controllo Marcia Treno (SCMT)

Sottosistema di Bordo



Sottosistema di Terra



Il Sistema di Controllo Marcia Treno (SCMT)

Il sistema di controllo marcia treno verifica che il treno rispetti i limiti imposti dalla linea (velocità di rango, grado di frenatura, rallentamenti), dal materiale rotabile, dal segnalamento e dalla normativa, intraprendendo le dovute azioni qualora ciò non avvenga.

Tre sono i valori di velocità di riferimento:

- ▶ **Velocità nominale:** pari alla velocità massima ammessa
- ▶ **Velocità di allerta:** pari alla velocità nominale più un margine operativo di allerta (3km/h), il cui superamento provoca il taglio della trazione e l'attivazione della frenatura elettrica
- ▶ **Velocità di controllo:** pari alla velocità nominale più un margine operativo di controllo (5km/h), il cui superamento provoca l'intervento delle frenatura di emergenza (pneumatica).



Il Sistema di Supporto alla Condotta (SSC)

Il sistema SSC è un ausilio alla condotta, semplice ed efficace, che effettua il controllo del riconoscimento e del modo di guida da parte del macchinista rispetto all'aspetto restrittivo dei segnali incontrati lungo la linea e l'effettivo stato del segnale stesso trasmesso a bordo.

Il Sistema fornisce il controllo dei segnali luminosi fissi, della velocità della linea e dei rallentamenti utilizzando una tecnologia trasmissiva con transponder a microonde (di tipo "Telepass").

La principale applicazione è riservata alle linee non elettrificate, percorse da rotabili a trazione diesel appositamente attrezzati.

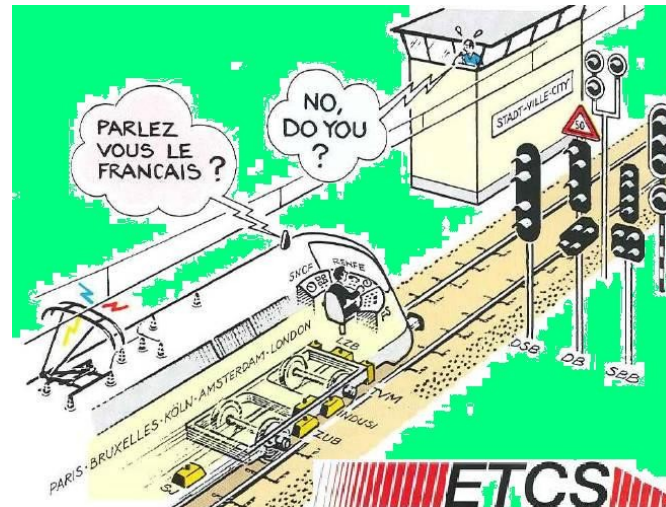


Il sistema europeo di controllo dei treni

European Train Control System (ETCS) è un sistema di gestione, controllo e protezione del traffico ferroviario e relativo segnalamento a bordo, progettato allo scopo di sostituire i molteplici e, tra loro incompatibili, sistemi di circolazione e sicurezza delle varie Ferrovie Europee allo scopo di garantire l'interoperabilità dei treni soprattutto sulle nuove reti ferroviarie europee ad Alta velocità.

Classificazione in base al tipo di apparecchiatura e tipo di trasmissione dei dati

- ▶ Livello 0
- ▶ Livello 1
- ▶ Livello 2
- ▶ Livello 3



Il sistema ETCS di LIVELLO 0

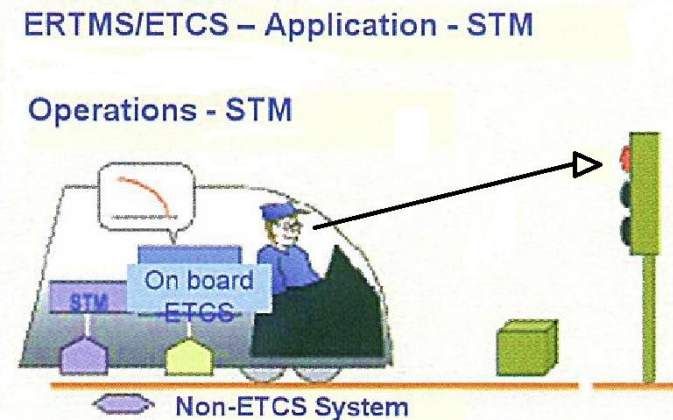
▶ Livello 0

- ▶ *Eurocab* viaggia su tratta non ETCS ed è privo di STM
- ▶ NO ripetizione segnali in macchina
- ▶ Controllo velocità max consentita del treno
- ▶ NO calcolo curva di frenatura

▶ Sezioni di overlap

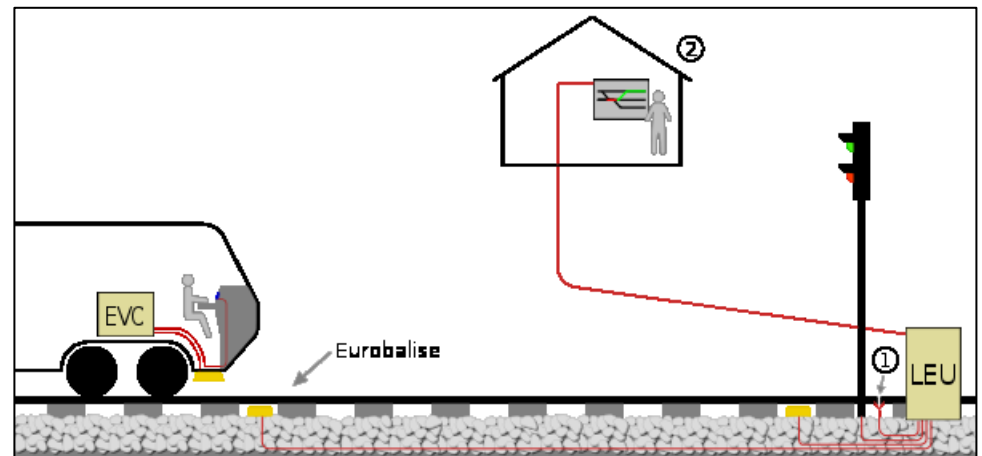
▶ Specific Transmission Module (STM):

prevede dei moduli di traduzione del segnalamento nazionale per consentire l'utilizzo dell'interfaccia in cabina di guida e dei dispositivi di comando e controllo ETCS su un'infrastruttura non interoperabile.



Il sistema ETCS di LIVELLO 1

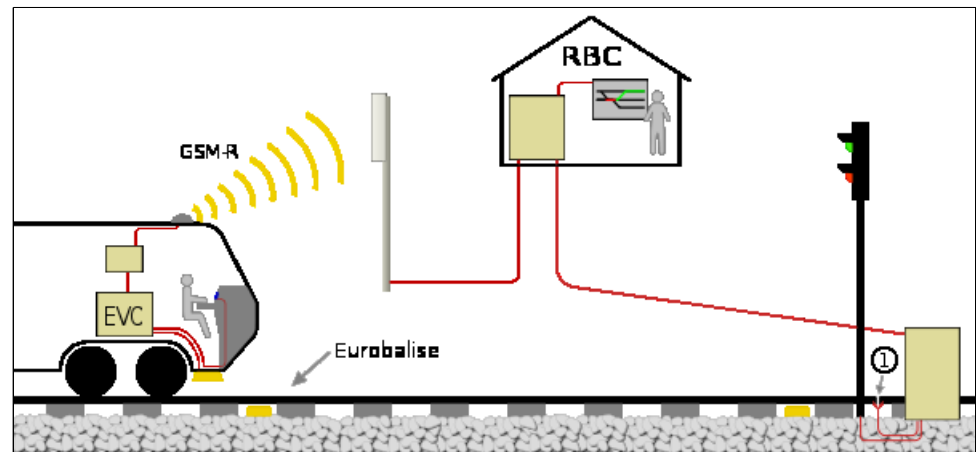
- ▣ Trasmissione discontinua tramite eurobalise
- ▣ Apparecchiatura di terra LEU (Lineside Electronics Unit)
- ▣ Controllo velocità
- ▣ Calcolo curva di frenatura
- ▣ Sistema Infill: boe intermedie per l'aggiornamento del segnale successivo
- ▣ Sistema di Controllo della Marcia del Treno: SCMT
 - ▣ Sistema nazionale italiano
 - ▣ “Trasparente”



Il sistema ETCS di LIVELLO 2

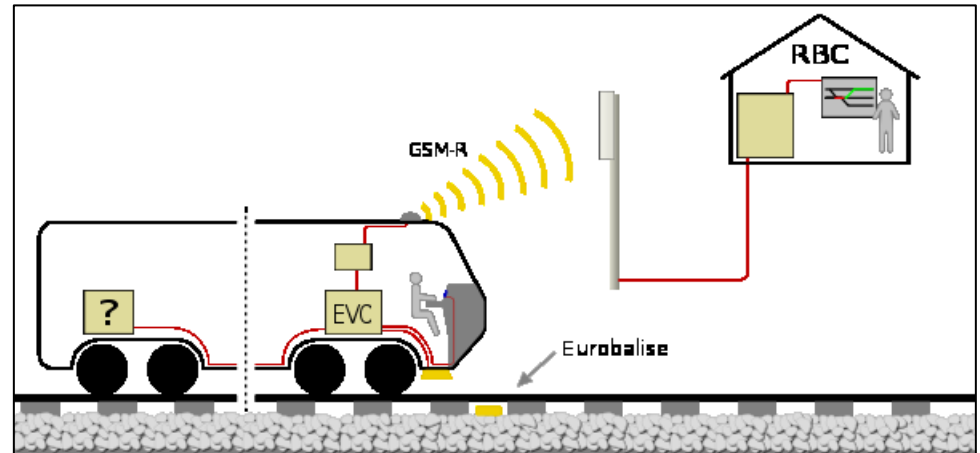
- ❑ Alta Velocità
- ❑ Trasmissione dati continua via GSM-R
- ❑ Posto centrale: Radio Block Center (RBC)
- ❑ Eurobalise come punti di riferimento per correggere gli errori del sistema di bordo
- ❑ NO segnalamento laterale ma cdb per integrità
- ❑ Aggiornamento costante curva di frenatura

- ↓
- ❑ Ottimizzazione della marcia
- ↓
- ❑ Aumento di capacità



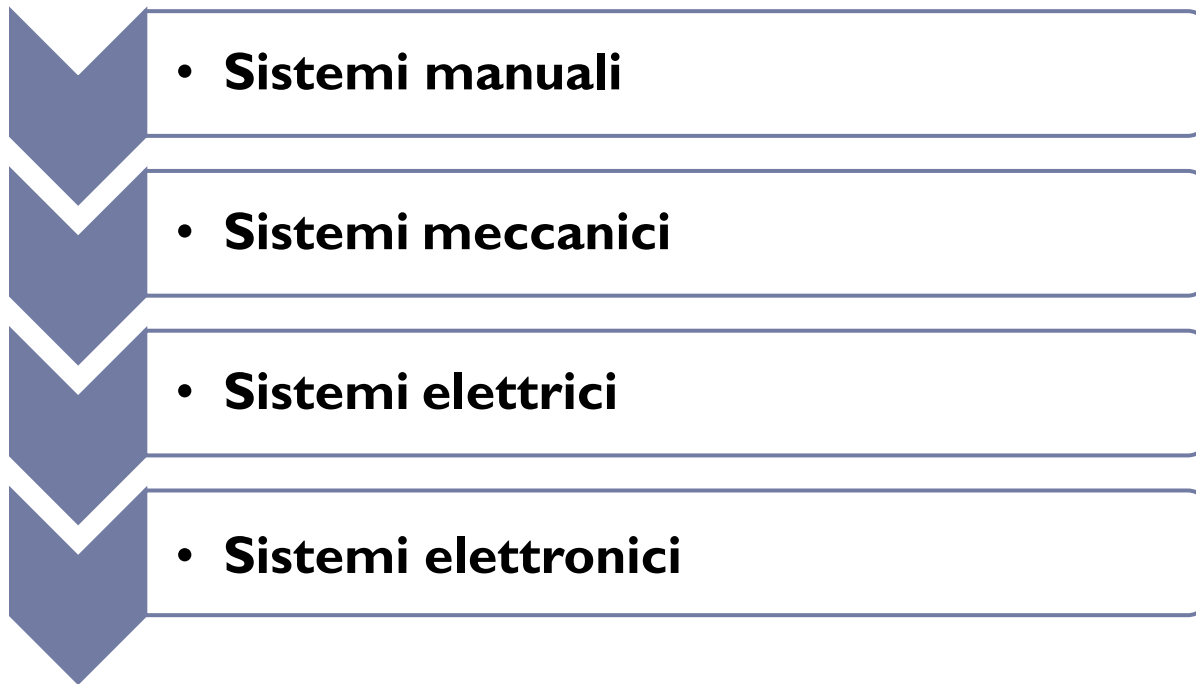
Il sistema ETCS di LIVELLO 3

- Trasmissione dati continua via GSM-R
- NO segnalamento laterale
- NO apparecchiature di terra (cdb, etc...)
- Sezioni di blocco mobili
- Fase sperimentale



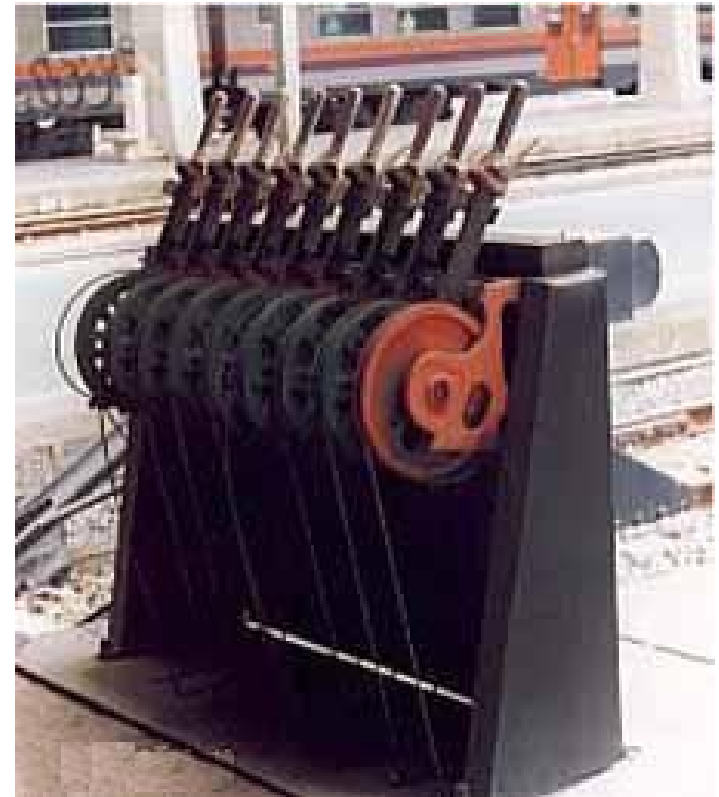
Sistemi di Interlocking

Tali sistemi sono degli apparati centrali il cui compito è quello di evitare conflitti in zone critiche quali incroci o aree di stazione.



Sistemi manuali

Sistemi manuali: tale tipologia non prevede alcun supporto tecnologico. Infatti, il personale di manovra è il solo responsabile dell'azione di controllo necessaria prima della liberazione di una certa tratta, della modifica della configurazione degli elementi mobili del binario e della trasmissione delle informazioni agli enti di piazzale; compiti che assolve spostandosi fisicamente da un elemento all'altro. Chiaramente, oggi, tale metodo è stato ampiamente soppiantato dalle tipologie più evolute di seguito descritte.



Apparati centrali a filo



Sistemi meccanici



Sistemi meccanici: in questo caso il personale ha a disposizione una serie di leve, interconnesse tra di loro, montate su un banco di manovra ubicato in un apposito locale della stazione.



Sistemi elettrici



Sistemi elettrici: in questo caso le leve meccaniche sono sostituite da appositi pulsanti, con evidente semplificazione delle operazioni. Tali sistemi si basano su una logica a relè e i vari elementi sono gestiti e controllati elettricamente.



Sistemi elettronici



Sistemi elettronici: hanno la caratteristica di funzionare secondo una logica programmata (tramite software), anziché cablata (tramite relè). In questo caso, il sistema non prevede più una serie di pulsanti, ma, vede l'utilizzo di calcolatori e schede industriali.



La rete ferroviaria italiana

Dati al 31 dicembre 2017

LINEE FERROVIARIE IN ESERCIZIO 16.787 km (1)	
CLASSIFICAZIONE	
Linee fondamentali	6.497 km
Linee complementari	9.337 km
Linee di nodo	953 km
TIPOLOGIA	
Linee a doppio binario	7.696 km
Linee a semplice binario	9.091 km
ALIMENTAZIONE	
Linee elettrificate	12.022 km
- a doppio binario	7.619 km
- a semplice binario	4.403 km
Linee non elettrificate (diesel)	4.765 km
LUNGHEZZA COMPLESSIVA DEI BINARI 24.483 km	
linea convenzionale	23.016 km
linea AV (2)	1.467 km
IMPIANTI FERROVIARI	
Stazioni con servizio viaggiatori attivo/possibile	2.201
Impianti di traghettamento	3
Impianti merci (3)	200
TECNOLOGIE INNOVATIVE DI TELECOMANDO E PROTEZIONE MARCIA TRENO (4)	
Sistemi di telecomando della circolazione	12.786 km
SCMT, per il controllo della marcia del treno	12.210 km (di cui 175 con doppio attrezzaggio SCMT-SSC)
SSC, per il supporto alla guida	3.892 km (di cui 175 con doppio attrezzaggio SCMT-SSC)
ERTMS, per l'interoperabilità su rete AV/AC	709 km
GSM-R, per la telecomunicazione mobile	11.445 km

Note

(1) di cui 70 Km di rete estera

(2) riferiti alle tratte attrezzate con ERTMS (escluso la Treviglio –Brescia) e ai loro collegamenti con le località di servizio

(3) impianti con centri intermodali, scali, raccordi, ecc

(4) tutte le linee della rete sono attrezzate con uno o più sistemi di protezione marcia treno