



Unità Tecnologie Materiale Rotabile

DIREZIONE TECNICA

Odometria SCMT

*Algoritmo per il calcolo della velocità
stimata in caso di pattinamento o
slittamento degli assi di misura*

Specifica Requisiti Software

Specifica N° **373450** esp. **00**

Documento composto da 48 fogli

Esp.	Data	Descrizione	Redatta	Verificata	Approvata
00	16/12/2002	Nuova emissione.	Costantino Cocci Violani	Presciani	Mingozzi

INDICE

1	Scopo.....	4
2	Campo di applicazione	4
3	Norme di riferimento.....	4
4	Definizioni	4
5	Architettura	10
6	Interfaccia generatori tachimetrici.....	11
6.1	Allineamento della velocità degli assi.....	11
6.2	Diagramma di flusso procedura Allineamento Assi	13
6.3	Interfaccia software di uscita.....	17
7	Algoritmo di Odometria	17
7.1	Interfaccia software di ingresso	17
7.2	Interfaccia software di uscita.....	18
7.3	Parametri costanti	19
7.4	Diagrammi di flusso	24
7.4.1	<i>Struttura dell'Algoritmo.....</i>	<i>25</i>
7.4.2	<i>Assegnazione costanti e calcolo parametri vari.....</i>	<i>26</i>
7.4.3	<i>Inizializzazione variabili.....</i>	<i>27</i>
7.4.4	<i>Acquisizione dati da Interfaccia Generatori - SCMT e loro elaborazione. Inizializzazione variabili Pattinamento/ Slittamento.....</i>	<i>28</i>
7.4.5	<i>Calcolo delle velocità e delle accelerazioni dei due assi.....</i>	<i>29</i>
7.4.6	<i>Calcolo delle variabili che dipendono dalla velocità.....</i>	<i>30</i>
7.4.7	<i>Valutazione del numero degli assi disponibili per l'elaborazione</i>	<i>31</i>
7.4.8	<i>Calcolo dell'accelerazione media.....</i>	<i>32</i>
7.4.9	<i>Valutazione degli stati di pattinamento e di slittamento in base al 1° criterio</i>	<i>33</i>
7.4.10	<i>Valutazione degli stati di pattinamento e di slittamento in base al 2° criterio.....</i>	<i>34</i>
7.4.11	<i>Valutazione delle velocità e delle accelerazioni di riferimento</i>	<i>35</i>
7.4.12	<i>Valutazione della stabilità dei due assi.....</i>	<i>36</i>
7.4.13	<i>Valutazione delle condizioni di fine slittamento.....</i>	<i>37</i>
7.4.14	<i>Valutazione delle condizioni di fine pattinamento.....</i>	<i>38</i>
7.4.15	<i>Valutazione delle condizioni di inizio pattinamento</i>	<i>39</i>
7.4.16	<i>Valutazione dello stato dell'algoritmo.....</i>	<i>40</i>
7.4.17	<i>Elaborazione velocità stimata</i>	<i>41</i>
7.4.18	<i>Memorizzazione dati e calcolo spazio stimato.....</i>	<i>47</i>
8	Livello di Integrità della Sicurezza	48
9	Progetto, implementazione, verifica e collaudo	48

AVVERTENZA

Il presente documento è di proprietà della Trenitalia S.p.A. Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta, memorizzata, trasmessa in qualsiasi forma e/o qualsiasi mezzo, elettronico, meccanico, di fotocopia, di registrazione senza l'autorizzazione scritta della Trenitalia S.p.A.

1 Scopo

Scopo di questo documento è la definizione dell'algoritmo per il calcolo della velocità stimata dei treni, anche in presenza di eventuali casi di pattinamento o slittamento degli assi di misura, nonché l'esatta quantificazione di alcune grandezze essenziali per il corretto funzionamento dell'algoritmo stesso e per il raggiungimento degli obiettivi prestazionali esposti nella [1], come pure la precisazione dei requisiti di installazione e di riallineamento dei sensori tachimetrici.

2 Campo di applicazione

Il presente documento si applica ai Sistemi SCMT che saranno installati sui rotabili FS.

3 Norme di riferimento

Per i documenti di seguito elencati si considera valida, se non diversamente specificato, l'ultima versione aggiornata alla data di emissione della presente.

[1] Spec. FS 372574	Odometria SCMT – Principi generali dell'algoritmo per il calcolo della velocità stimata in caso di pattinamento o slittamento degli assi di misura. Specifica Requisiti Funzionali.
[2] Spec. FS 373577	Odometria SCMT – Modello di algoritmo per il calcolo della velocità stimata in caso di pattinamento o slittamento degli assi di misura. Dettaglio del Codice.
[3] EN 50126	Railways applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS).
[4] EN 50128	Railways applications – Communications, signalling and processing systems. Software for railway control and protection systems.
[5] ENV 50129	Railways applications – Safety related electronic systems for signalling.

4 Definizioni

λ	Percentuale di peso frenato (indice delle capacità frenanti).
<i>AccAdeguamento</i>	Valore di accelerazione utilizzato per il calcolo della <i>VelStimata</i> in fase di slittamento.

<i>AccAdeguamentoRif</i>	Valore di accelerazione che sommato al termine dovuto alla pendenza è utilizzato per il calcolo della <i>VelStimata</i> in fase di slittamento ($0,5 \text{ m/s}^2$).
<i>AccAsse1</i>	Accelerazione del primo asse.
<i>AccAsse1FiltrataA</i>	Accelerazione del primo asse filtrata con filtro passa basso del primo ordine con tempo di salita <i>TauFiltro.SingoleAccelerazioni</i> .
<i>AccAsse1FiltrataAPrec</i>	Valore memorizzato in <i>AccAsse1FiltrataA</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>AccAsse1FiltrataB</i>	Accelerazione del primo asse filtrata con filtro passa basso del primo ordine con tempo di salita <i>TauFiltro.AccelerazioneMedia</i> .
<i>AccAsse1FiltrataBPrec</i>	Valore memorizzato in <i>AccAsse1FiltrataB</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>AccAsse2</i>	Accelerazione del secondo asse.
<i>AccAsse2FiltrataA</i>	Accelerazione del secondo asse filtrata con filtro passa basso del primo ordine con tempo di salita <i>TauFiltro.SingoleAccelerazioni</i> .
<i>AccAsse2FiltrataAPrec</i>	Valore memorizzato in <i>AccAsse2FiltrataA</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>AccAsse2FiltrataB</i>	Accelerazione del secondo asse filtrata con filtro passa basso del primo ordine con tempo di salita <i>TauFiltro.AccelerazioneMedia</i> .
<i>AccAsse2FiltrataBPrec</i>	Valore memorizzato in <i>AccAsse2FiltrataB</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>Accelerazione</i>	Variabile logica che assume valore: Vero se il treno è in fase di accelerazione e quindi può essere interessato a fenomeni di slittamento; Falso se il treno è in fase di decelerazione e quindi può essere interessato a fenomeni di pattinamento.
<i>AccMassima</i>	Valore di accelerazione utilizzato per il calcolo della <i>VelStimata</i> in fase di slittamento.
<i>AccMassimaRif</i>	Valore di accelerazione che sommato al termine dovuto alla pendenza è utilizzato per il calcolo della <i>VelStimata</i> in fase di slittamento ($0,5 \text{ m/s}^2$).
<i>AccMedia</i>	Accelerazione media filtrata con filtro passa basso del primo ordine con tempo di salita <i>TauFiltro.SingoleAccelerazioni</i> .
<i>AccMediaFiltrata</i>	Accelerazione media filtrata con filtro passa basso del primo ordine con tempo di salita <i>TauFiltro.AccelerazioneMedia</i> .
<i>AccRifSlittamento</i>	Accelerazione di riferimento da utilizzare in caso di slittamento degli assi.
<i>Antipattinaggio</i>	Dispositivo che agisce sugli assi frenanti riducendo la coppia frenante e/o azionando le sabbie di quegli assi che vedessero decrescere in modo anomalo la loro velocità angolare al diminuire dell'aderenza ruota rotaia.
<i>Antislittamento</i>	Dispositivo che agisce sugli assi motori riducendo la coppia motrice e/o azionando le sabbie di quegli assi che vedessero aumentare in modo anomalo la loro velocità angolare al diminuire dell'aderenza ruota rotaia.
<i>Asse1Bloccato</i>	Variabile logica che assume valore: Vero se $VelAsse1 < SogliaVelNulla$; Vero se $VelAsse1 \geq SogliaVelNulla$ e $LAsse1Bloccato < NumAsseBloccato$; Falso se $VelAsse1 \geq SogliaVelNulla$.
<i>Asse1Stabile</i>	Variabile logica che assume valore: Falso se la ripresa di aderenza dell'asse 1 dopo uno slittamento o

	un pattinamento non è stabile; Falso se le condizioni di stabilità dell'asse 1 si sono verificate per un tempo inferiore a <i>NumAsseStabile</i> ; Vero se la ripresa di aderenza dell'asse 1 dopo uno slittamento o un pattinamento è stabile.
<i>Asse2Bloccato</i>	Variabile logica che assume valore: Vero se $VelAsse2 < SogliaVelNulla$; Vero se $VelAsse2 \geq SogliaVelNulla$ e <i>Iasse2Bloccato</i> < <i>NumAsseBloccato</i> ; Falso se $VelAsse2 \geq SogliaVelNulla$.
<i>Asse2Stabile</i>	Variabile logica che assume valore: Falso se la ripresa di aderenza dell'asse 2 dopo uno slittamento o un pattinamento non è stabile; Falso se le condizioni di stabilità dell'asse 2 si sono verificate per un tempo inferiore a <i>NumAsseStabile</i> ; Vero se la ripresa di aderenza dell'asse 2 dopo uno slittamento o un pattinamento è stabile.
<i>AssiDisponibili</i>	Variabile che assume valore: Entrambi se <i>Asse1Bloccato</i> = Falso e <i>Asse2Bloccato</i> = Falso; Asse1 se <i>Asse1Bloccato</i> = Falso e <i>Asse2Bloccato</i> = Vero; Asse2 se <i>Asse1Bloccato</i> = Vero e <i>Asse2Bloccato</i> = Falso; Nessuno se <i>Asse1Bloccato</i> = Vero e <i>Asse2Bloccato</i> = Vero.
<i>Contatore1</i>	Numero di impulsi totalizzati dal contatore dell'asse 1 fino all'intervallo di campionamento corrente.
<i>Contatore1Prec</i>	Valore memorizzato in <i>Contatore1</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>Contatore2</i>	Numero di impulsi totalizzati dal contatore dell'asse 2 fino all'intervallo di campionamento corrente.
<i>Contatore2Prec</i>	Valore memorizzato in <i>Contatore2</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>DecAdeguamento</i>	Decelerazione utilizzata durante il pattinamento, per l'adeguamento della velocità stimata a quella di un asse rilevato in aderenza, o al termine del pattinamento per l'adeguamento della velocità stimata a quella reale (5 m/s ²).
<i>Decelerazione</i>	In questo documento, per decelerazione (valore positivo) si intende una accelerazione negativa.
<i>DecMediaClippata</i>	Valore di decelerazione utilizzato nella valutazione della velocità stimata in fase di pattinamento.
<i>DeltaAccAsse1</i>	Differenza tra il valore massimo e il valore minimo di <i>AccAsse1FiltrataA</i> , memorizzato nei <i>NumAsseStabile</i> campioni precedenti.
<i>DeltaAccAsse2</i>	Differenza tra il valore massimo e il valore minimo di <i>AccAsse2FiltrataA</i> , memorizzato nei <i>NumAsseStabile</i> campioni precedenti.
<i>DeltaVelAdeguamento</i>	Valore di velocità utilizzato per valutare se, nel caso di interruzione dell'adeguamento della velocità stimata a quella di un asse, debba essere effettuato il tratto a velocità costante (1,5 m/s).
<i>di</i>	Decelerazione dovuta alla pendenza.
<i>Diametro1</i>	Diametro delle ruote dell'asse 1, misurato in metri.
<i>Diametro2</i>	Diametro delle ruote dell'asse 2, misurato in metri.
<i>dr</i>	Decelerazione derivata dalla percentuale di peso frenato.

<i>DRM</i>	Valore che deve essere sommato alla decelerazione dovuta alla pendenza per ottenere il limite inferiore di saturazione della decelerazione media clippata (0,15 m/s ²).
<i>FinePattinamento</i>	Variabile logica che assume valore pari a Vero se sono verificate le condizioni di fine pattinamento.
<i>FineSlittamento</i>	Variabile logica che assume valore pari a Vero se sono verificate le condizioni di fine slittamento.
<i>FlagAbilita</i>	Flag di abilitazione del calcolo dell'allineamento (1: abilita il calcolo)
<i>FlagVel1>Vel2</i>	Flag che individua quale asse non ancora allineato abbia la velocità maggiore (1: Vel1>Vel2).
<i>FuoriServizio</i>	Stato logico associato alla condizione di efficienza del Sistema Odometrico.
<i>GuastoSensori</i>	Bit associati alla condizione di efficienza dei generatori 1 ÷ 4.
<i>LAsse1Bloccato</i>	Indice utilizzato per l'effettuazione dell'intervallo di osservazione successivo al bloccaggio dell'asse 1.
<i>LAsse1Stabile</i>	Indice utilizzato per l'effettuazione dell'intervallo di osservazione della stabilità dell'asse 1.
<i>LAsse2Bloccato</i>	Indice utilizzato per l'effettuazione dell'intervallo di osservazione successivo al bloccaggio dell'asse 2.
<i>LAsse2Stabile</i>	Indice utilizzato per l'effettuazione dell'intervallo di osservazione della stabilità dell'asse 2.
<i>ICommutazione</i>	Indice utilizzato per l'effettuazione dell'intervallo di osservazione dell'accelerazione media filtrata dei due assi per decidere se effettuare la commutazione slittamento/pattinamento.
<i>IIinizioPattinamento</i>	Indice utilizzato per l'effettuazione del tratto a velocità costante ad inizio pattinamento.
<i>ImpulsiGiro1</i>	Impulsi/giro dei generatori dell'asse 1.
<i>ImpulsiGiro2</i>	Impulsi/giro dei generatori dell'asse 2.
<i>ImpulsiMetro1</i>	Numero di impulsi per metro relativi al primo asse.
<i>ImpulsiMetro2</i>	Numero di impulsi per metro relativi al secondo asse.
<i>IncrementoDecelerazioneAmmesso</i>	Valore che deve essere sommato alla decelerazione dovuta al peso frenato per ottenere la soglia di decelerazione utilizzata per discriminare il pattinamento degli assi (0,8 m/s ²).
<i>InizioPattinamento</i>	Variabile logica che assume valore pari a Vero se gli assi hanno iniziato a pattinare da un numero di campioni minore di <i>NumInizioPattinamento</i> .
<i>INonPattinamento</i>	Indice utilizzato per l'effettuazione dell'intervallo di osservazione delle condizioni di fine pattinamento.
<i>INonSlittamento</i>	Indice utilizzato per l'effettuazione dell'intervallo di osservazione delle condizioni di fine slittamento.
<i>Kf1</i>	Costante di filtraggio velocità asse 1 per allineamento (1 sec)
<i>Kf2</i>	Costante di filtraggio velocità asse 2 per allineamento (1 sec)
<i>Kfr</i>	Costante di filtraggio rapporto di allineamento (30 sec)
<i>KPrime</i>	Coefficiente che deve essere moltiplicato per la decelerazione dovuta al peso frenato; il risultato deve essere quindi sommato alla decelerazione dovuta alla pendenza per ottenere il limite superiore di saturazione della decelerazione media clippata (1,2).
<i>MaggiorazioneDecelerazione</i>	Valore che deve essere sommato alla decelerazione media dei due assi per il calcolo della decelerazione media clippata (0,15 m/s ²).

<i>MaggiorazioneVel</i>	Valore minimo della differenza tra la velocità stimata e quella dell'asse più veloce in fase di pattinamento.
<i>MaggiorazioneVelIniziale</i>	Valore massimo di <i>MaggiorazioneVel</i> in corrispondenza della velocità <i>VelDiscriminanteGalleggiamento</i> (1,5 m/s).
<i>MaxDecMediaClippata</i>	Limite superiore di saturazione della <i>DecMediaClippata</i> .
<i>MinDecMediaClippata</i>	Limite inferiore di saturazione della <i>DecMediaClippata</i> .
<i>NumAsseBloccato</i>	Durata dell'intervallo di osservazione successivo al bloccaggio di un asse, espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>NumAsseBloccatoMax</i>	Durata di <i>TAsseBloccatoMax</i> espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>NumAsseStabile</i>	Durata di <i>TAsseStabile</i> espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>NumCommutazione</i>	Durata di <i>TCommutazione</i> espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>NumInizioPattinamento</i>	Durata del tratto a velocità costante all'inizio di un pattinamento, espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>NumInizioPattinamentoMax</i>	Durata massima del tratto a velocità costante all'inizio di un pattinamento, espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>NumInizioPattinamentoRif</i>	Durata di <i>TInizioPattinamentoRif</i> espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>NumNonPattinamento</i>	Durata di <i>TNonPattinamento</i> espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>NumNonSlittamento</i>	Durata di <i>TNonSlittamento</i> espressa in termini di numero di campioni conteggiati.
<i>Pattina1</i>	Variabile logica che assume valore pari a Vero se l'asse 1 sta pattinando.
<i>Pattina2</i>	Variabile logica che assume valore pari a Vero se l'asse 2 sta pattinando.
<i>Pendenza</i>	Pendenza della linea. Positiva in salita, negativa in discesa.
<i>Rappdiametri</i>	Fattore di correzione per l'allineamento degli assi salvato in memoria.
<i>Rapporto</i>	Fattore di correzione per l'allineamento degli assi.
<i>Risoluzione1</i>	Numero associato alla condizione di efficienza dei generatori dell'asse 1.
<i>Risoluzione2</i>	Numero associato alla condizione di efficienza dei generatori dell'asse 2.
<i>SCMT</i>	Sistema Controllo Marcia Treno
<i>Slitta1</i>	Variabile logica che assume valore pari a Vero se l'asse 1 sta slittando.
<i>Slitta2</i>	Variabile logica che assume valore pari a Vero se l'asse 2 sta slittando.
<i>SogliaAccSlittamento</i>	Soglia di accelerazione utilizzata per discriminare le condizioni di slittamento sulla base del superamento di tale soglia da parte di almeno uno degli assi (2,6 m/s ²).
<i>SogliaCommutazione</i>	Valore di accelerazione utilizzato per discriminare i fenomeni di slittamento da quelli di pattinamento.
<i>SogliaJerk</i>	Valore soglia utilizzato per discriminare la stabilità di un asse sulla base della sua massima variazione di accelerazione rilevata nei <i>NumAsseStabile</i> campioni precedenti quello corrente (0,5 m/s ²).

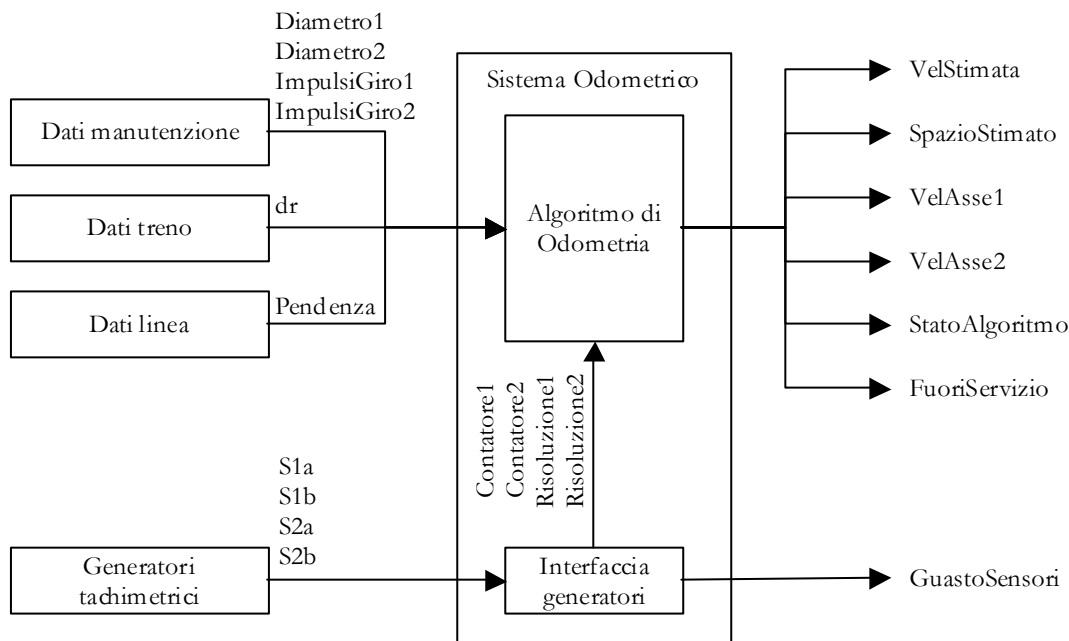
<i>SogliaPerSlittamento</i>	Valore di accelerazione che viene sommato al termine dovuto alla pendenza per ottenere il valore di soglia utilizzato per discriminare le fasi di slittamento e pattinamento ($- 0,1 \text{ m/s}^2$).
<i>SogliaVarVel</i>	Valore di soglia utilizzato per discriminare le condizioni di pattinamento o slittamento dei due assi sulla base della differenza tra le loro velocità ($2/3,6 \text{ m/s}$).
<i>SogliaVelNulla</i>	Soglia di velocità utilizzata per discriminare le condizioni di bloccaggio di un asse (1 m/s).
<i>SpazioStimato</i>	Stima dello spazio percorso dal treno fino all'intervallo di campionamento corrente, misurato in metri.
<i>SpazioStimatoPrec</i>	Valore memorizzato in <i>SpazioStimato</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>Stato.Algoritmo</i>	Numero associato allo stato in cui si trova l'algoritmo nell'intervallo di campionamento corrente.
<i>T</i>	Tempo di campionamento ($0,1 \text{ s}$).
<i>TAsseBloccatoMax</i>	Durata massima dell'intervallo di osservazione successivo al bloccaggio di un asse in corrispondenza della velocità <i>VelAsseBloccato</i> (4 s).
<i>TAsseStabile</i>	Durata dell'intervallo di osservazione della stabilità di ciascun asse (2 s).
<i>TauFiltroAccelerazioneMedia</i>	Tempo di salita del filtro passa basso utilizzato per l'accelerazione media (4 s).
<i>TauFiltroSingoleAccelerazioni</i>	Tempo di salita del filtro passa basso utilizzato per le singole accelerazioni ($0,5 \text{ s}$).
<i>TCommutazione</i>	Tempo di osservazione dell'accelerazione media filtrata dei due assi per decidere se effettuare la commutazione slittamento/pattinamento (4 s).
<i>TInizioPattinamentoRif</i>	Durata del tratto a velocità costante ad inizio pattinamento, in corrispondenza della velocità di riferimento <i>VelInizioPattinamentoRif</i> (3 s).
<i>TNonPattinamento</i>	Durata dell'intervallo di osservazione delle condizioni di fine pattinamento (2 s).
<i>TNonSlittamento</i>	Durata dell'intervallo di osservazione delle condizioni di fine slittamento (2 s).
<i>Tolleranza</i>	Valore di velocità utilizzato per la valutazione della stabilità degli assi ($1/3,6 \text{ m/s}$).
<i>Vel1</i>	Velocità periferica dell'asse 1 non ancora allineata.
<i>Vel1filtrata</i>	Velocità asse 1 filtrata all'interno del calcolo dell'allineamento.
<i>Vel2</i>	Velocità periferica dell'asse 2 non ancora allineata.
<i>Vel2filtrata</i>	Velocità asse 2 filtrata all'interno del calcolo dell'allineamento.
<i>VelAllineamento</i>	Valore di soglia della velocità al di sopra della quale la procedura di Allineamento Assi può operare (5 km/h).
<i>VelAsse1</i>	Velocità periferica dell'asse 1, allineata, calcolata nell'intervallo di campionamento corrente, misurata in m/s .
<i>VelAsse1Prec</i>	Valore memorizzato in <i>VelAsse1</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>VelAsse2</i>	Velocità periferica dell'asse 2, allineata, calcolata nell'intervallo di campionamento corrente, misurata in m/s .
<i>VelAsse2Prec</i>	Valore memorizzato in <i>VelAsse2</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>VelAsseBloccato</i>	Valore di velocità al di sopra del quale l'intervallo di osservazione successivo al bloccaggio di un asse ha durata

	costante (145/3,6 m/s).
<i>VelDiscriminanteGalleggiamento</i>	Valore di velocità al di sopra del quale <i>MaggiorazioneVel</i> è costante (20 m/s).
<i>VelInizioPattinamentoMax</i>	Valore di velocità al di sopra del quale il tratto a velocità costante ad inizio di pattinamento ha durata costante (200/3,6 m/s).
<i>VelInizioPattinamentoRif</i>	Valore di riferimento della velocità utilizzato nel calcolo della durata del tratto a velocità costante ad inizio pattinamento (160/3,6 m/s).
<i>VelRif</i>	Velocità di riferimento da utilizzare in assenza di fenomeni riconosciuti di pattinamento o slittamento.
<i>VelRifSlittamento</i>	Velocità di riferimento da utilizzare in caso di slittamento degli assi.
<i>VelStimata</i>	Stima della velocità del treno nell'intervallo di campionamento corrente, misurata in m/s.
<i>VelStimataPrec</i>	Valore memorizzato in <i>VelStimata</i> nell'intervallo di campionamento precedente.
<i>WA, bA, aA</i>	Parametri filtro passa basso del primo ordine con tempo di salita <i>TauFiltro.SingoleAccelerazioni</i> .
<i>nB, bB, aB</i>	Parametri filtro passa basso del primo ordine con tempo di salita <i>TauFiltro.AccelerazioneMedia</i> .

5 Architettura

La figura seguente ritrae l'architettura del sistema odometrico per SCMT che è composto da due sottosistemi:

- Interfaccia generatori, deputato alla gestione della ridondanza dei segnali tachimetrici e all'esecuzione dell'operazione di riallineamento automatico delle velocità degli assi di misura, ai fini del raggiungimento degli obiettivi prestazionali esposti nella [1].
- Algoritmo di Odometria, concernente l'implementazione dell'algoritmo per il calcolo della velocità stimata, anche in presenza di eventuali casi di pattinamento o slittamento degli assi di misura, di cui è stato realizzato il modello descritto nella [2].



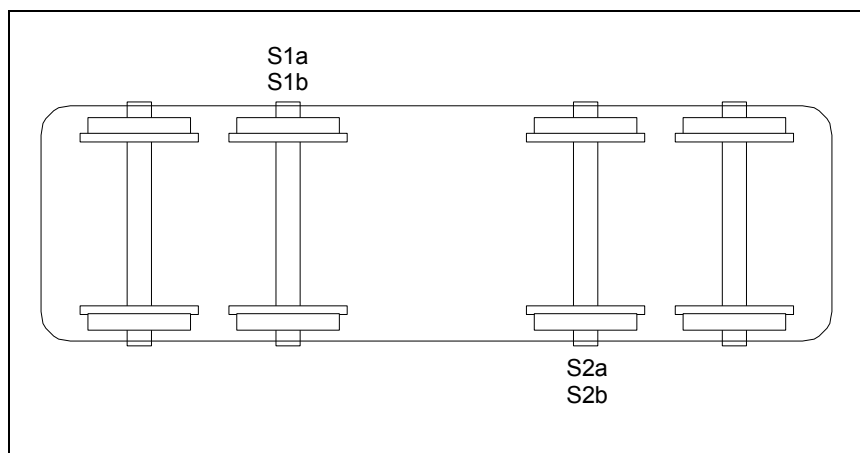
6 Interfaccia generatori tachimetrici

L'algoritmo oggetto della presente specifica parte dall'ipotesi di disporre di due contatori nei quali immagazzinare gli impulsi generati da due coppie di generatori tachimetrici.

Questi forniscono un numero di impulsi proporzionali allo spostamento angolare dell'asse della ruota e possono appartenere ad una delle seguenti tipologie:

- Sensori con interfaccia a tre fili ed uscita in tensione.
- Sensori con interfaccia a due fili ed uscita in corrente.

Essi devono essere montati, due a due, su due assi distinti del rotabile secondo la disposizione suggerita al capitolo 5.5 della [1].



I sensori *S1a* ed *S1b* devono essere montati sullo stesso asse del rotabile in modo che i loro impulsi di uscita, uguali in numero per giro, siano tra loro sfasati di 90°; questa soluzione, insieme

a quella di contare gli impulsi sia in corrispondenza dei fronti di salita che di discesa, permette di quadruplicare la risoluzione nella misura dello spazio. Analogo discorso vale per i sensori S2a ed S2b montati sull'altro asse.

L'interfaccia generatori deve essere atta a diagnosticare prontamente il malfunzionamento dei sensori, sia monitorandone l'assorbimento di corrente per rilevare eventuali cortocircuiti o interruzioni, sia verificando che i sensori montati sullo stesso asse forniscano lo stesso numero di impulsi, a meno di una unità dovuta alla discretizzazione e di eventuali margini che possano tener conto di impulsi puri.

L'interfaccia generatori deve gestire i seguenti modi di funzionamento:

- Assenza di avarie: conteggio degli impulsi di entrambi i sensori di ogni asse sia in corrispondenza dei fronti di salita che di discesa.
- Avaria ad un sensore di un asse: conteggio degli impulsi del sensore efficiente sia in corrispondenza dei fronti di salita che di discesa; impostazione a 2 del segnale *Risoluzione* dell'asse: così facendo si altera solo la risoluzione della grandezza misurata senza vararne la scala (vedi punti 7.4.4 - 7.4.5).
- Avaria di entrambi i sensori di un asse: impostazione a 0 del segnale *Risoluzione* dell'asse: l'Algoritmo di Odometria utilizzerà per i propri calcoli unicamente il contatore dell'altro asse.
- Avaria a due sensori non appartenenti allo stesso asse: per entrambi gli assi, conteggio degli impulsi del sensore efficiente sia in corrispondenza dei fronti di salita che di discesa; impostazione a 2 dei segnali *Risoluzione* degli assi.
- Avaria a tre o quattro sensori: impostazione conseguente dei segnali *Risoluzione* degli assi: l'Algoritmo di Odometria elaborerà il segnale di fuori servizio del Sistema Odometrico.

6.1 Allineamento della velocità degli assi

Come accennato al capitolo 5 della [1], per migliorare la sensibilità dei criteri di rilevamento dei fenomeni di pattinamento e slittamento, l'interfaccia generatori deve provvedere ad effettuare l'allineamento delle informazioni di velocità dei due assi, per compensare i possibili errori nella definizione dei diametri delle ruote.

L'interfaccia generatori deve avviare automaticamente la procedura di allineamento all'accensione dell'apparato SCMT, operando come rappresentato nel successivo diagramma di flusso e premettendo quanto segue:

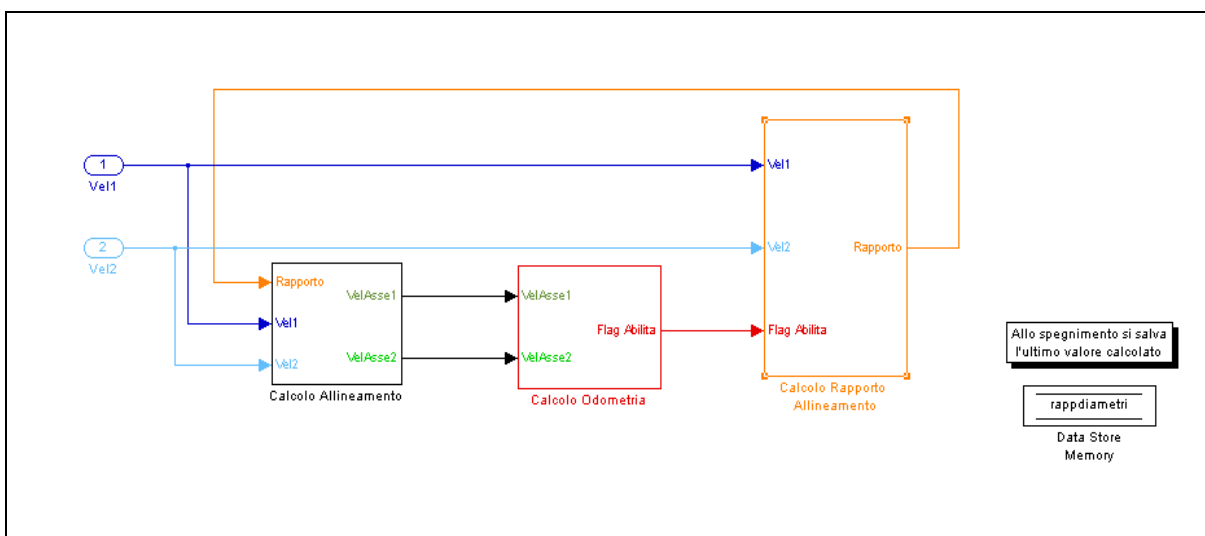
1. In sede di prima applicazione del sistema, per la sostituzione delle sale e per la tornitura delle ruote, deve prevedersi l'inserimento del valore dei diametri delle ruote dei due assi in modo da calcolare correttamente le velocità dei due assi.
2. La procedura calcola il fattore di correzione *rapporto* tramite il quale si allinea la velocità dell'asse più lento a quella del più veloce durante la marcia.
3. Per realizzare quanto sopra l'interfaccia generatori deve disporre di una locazione di memoria non volatile per la memorizzazione del fattore *rapd diametri*.

4. La procedura di allineamento, pur operando in un processo indipendente rispetto all'Algoritmo di Odometria, deve essere sincronizzato ad esso nei confronti dell'intervallo di campionamento.

6.2 Diagramma di flusso procedura Allineamento Assi

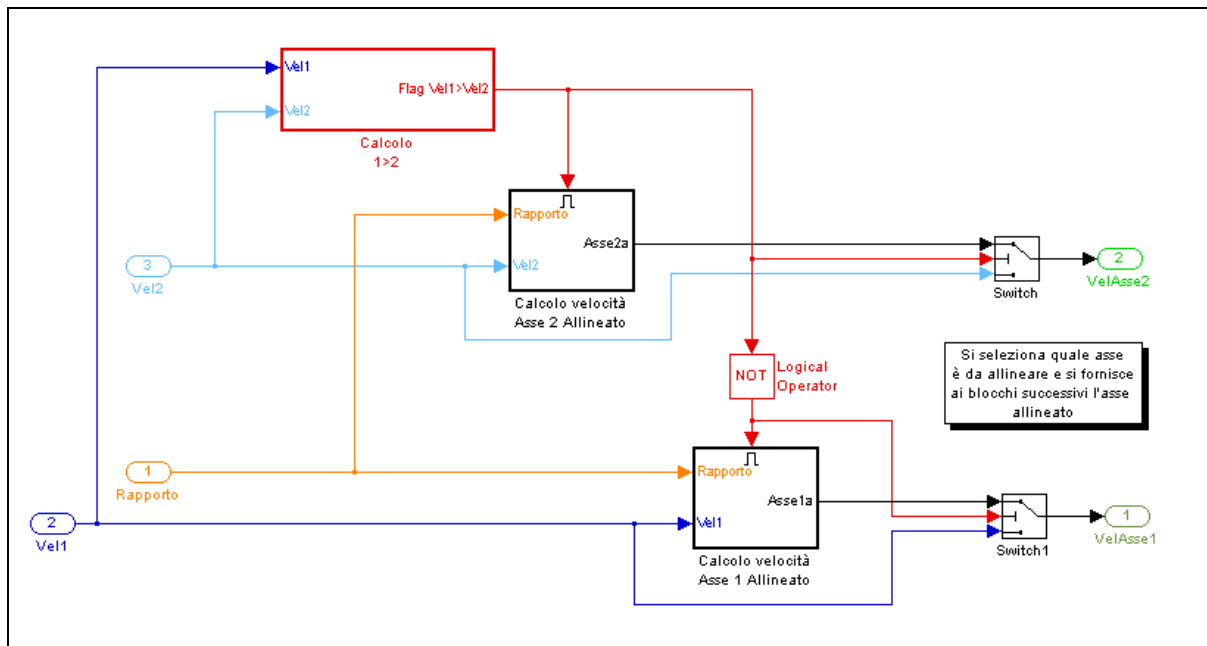
Per sviluppare il seguente algoritmo si è fatta l'ipotesi che un disallineamento fra gli assi sia dovuto ad una differenza di diametro fra le ruote, cioè ad una costante nella vita del rotabile fra una manutenzione e l'altra.

Il calcolo dovrà così cercare di convergere al valore del rapporto fra tali diametri che è da considerarsi stabile anche tenendo conto del consumo delle ruote.

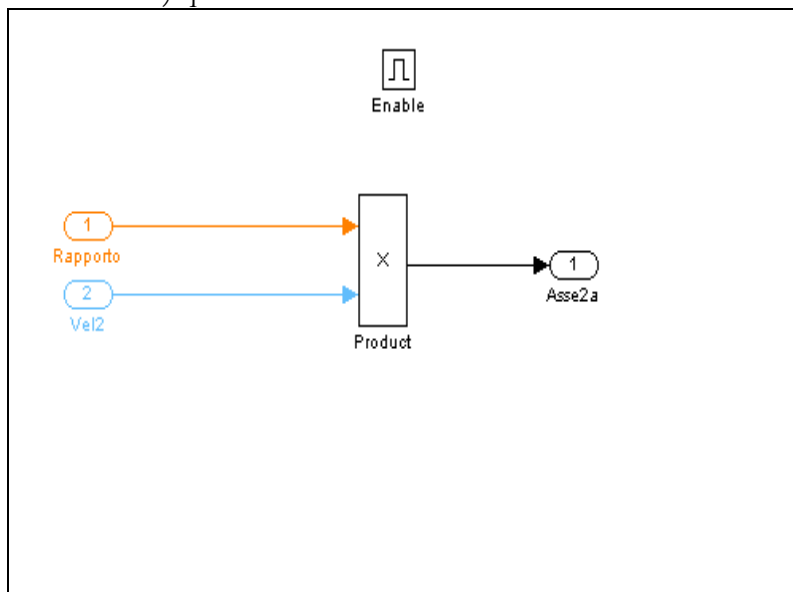


Allo spegnimento si salva in un'apposita locazione di memoria non volatile la variabile "rapdiametri"; alla successiva accensione del sistema il calcolo verrà inizializzato a tale valore.

Calcolo del fattore di allineamento:



Si individua dapprima quale sia l'asse con velocità maggiore (si deve adeguare il minore al maggiore) per poi allineare tramite la variabile Rapporto (proveniente dal calcolo del rapporto di allineamento) quello a velocità minore.



Calcolo velocità Asse Allineato

In uscita dal blocco si avrà la velocità dei due assi allineate.

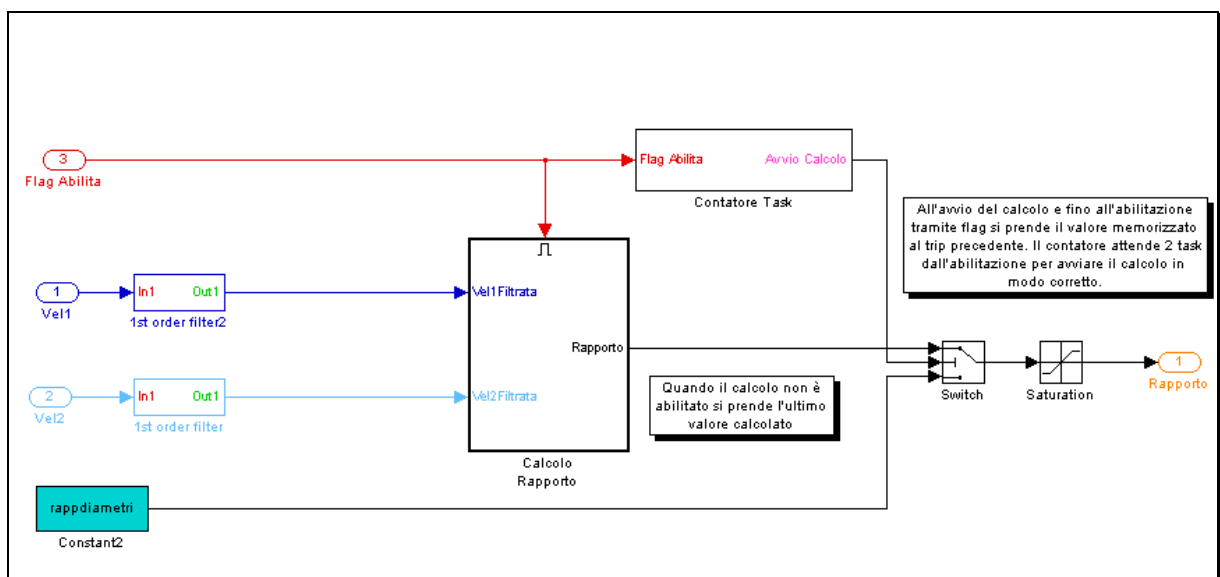
Calcolo Odometria

Il calcolo dell'odometria deve fornire all'allineamento un flag di abilitazione.

Il flag di abilitazione è la composizione in condizione di AND di tre flag distinti. Uno che assumerà valore 1 se entrambi gli assi hanno velocità maggiore di una soglia in calibrazione (VelAllineamento 5 km/h). L'altro assumerà valore 1 quando sono assenti interventi sia dell'antipattinante che dell'antiscorrimento. Il terzo assume valore 1 se entrambi gli assi sono considerati funzionanti (almeno un captatore per asse) 0 se uno è definito non operativo (entrambi i suoi captatori guasti).

In poche parole il “Flag Abilita” abilita il calcolo solo se non vi sono scorrimenti e pattinamenti e se la velocità è superiore ad un certo valore e se entrambi gli assi sono funzionanti.

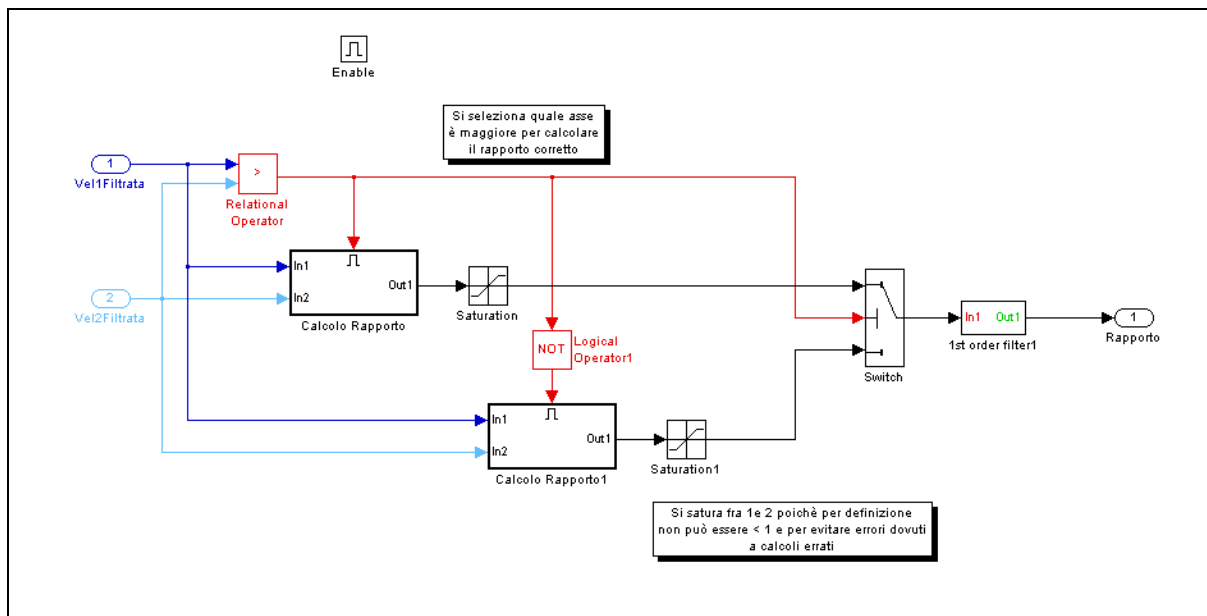
Calcolo Rapporto Allineamento



Prima del calcolo si provvede a filtrare le velocità in modo da rendere il calcolo insensibile al rumore (kf1, kf2 costante del filtro 1 sec).

All'avvio si inizierà il calcolo al valore precedentemente memorizzato nell'ultimo “trip”. Quando il calcolo non è abilitato (Flag Abilita =0) si congela l'ultimo valore calcolato.

Calcolo Rapporto



Un filtraggio del primo ordine provvede ad annullare il rumore sul calcolo e a fornire un valore più stabile (kfr costante del filtro 30 sec).

Le saturazioni servono a fornire dei limiti di sicurezza all'algoritmo.

6.3 Interfaccia software di uscita

L'Interfaccia generatori tachimetrici trasmette in uscita i seguenti segnali:

Nome	GuastoSensori
Descrizione	Bit associati alla condizione di efficienza dei generatori 1 ÷ 4. Bit meno significativo = generatore 1. Bit più significativo = generatore 4. Bit alto = generatore guasto; bit basso = generatore efficiente.
Tipo	Binario a 4 bit
Campo di definizione	0000 ÷ 1111

Nome	Contatore1
Descrizione	Numero di impulsi totalizzati dal contatore dell'asse 1 fino all'intervallo di campionamento corrente.
Tipo	Intero
Campo di definizione	0 ÷ 65535

Nome	Contatore 2
Descrizione	Numero di impulsi totalizzati dal contatore dell'asse 2 fino all'intervallo di campionamento corrente.
Tipo	Intero
Campo di definizione	0 ÷ 65535

Nome	Risoluzione1
Descrizione	Numero associato alla condizione di efficienza dei generatori dell'asse 1.
Tipo	Intero
Campo di definizione	0: Guasti entrambi i generatori dell'asse 1. 2: Guasto un solo generatore dell'asse 1. 4: Funzionanti entrambi i generatori dell'asse 1.

Nome	Risoluzione2
Descrizione	Numero associato alla condizione di efficienza dei generatori dell'asse 2.
Tipo	Intero
Campo di definizione	0: Guasti entrambi i generatori dell'asse 2. 2: Guasto un solo generatore dell'asse 2. 4: Funzionanti entrambi i generatori dell'asse 2.

7 Algoritmo di Odometria

7.1 Interfaccia software di ingresso

L'Algoritmo riceve dall'interfaccia generatori tachimetrici i segnali Contatore1, Contatore 2, Risoluzione1, Risoluzione2, già descritti nel § 6.3. Riceve inoltre da SCMT i seguenti ulteriori segnali:

Nome	Pendenza
Descrizione	Pendenza della linea. Positiva in salita, negativa in discesa.

Tipo	Virgola mobile
Campo di definizione	-0,035 ÷ 0,035

Nome	dr
Descrizione	Decelerazione derivata dalla percentuale di peso frenato del treno, misurata in m/s ² .
Tipo	Virgola mobile
Campo di definizione	-2 ÷ 2,5

Nome	Diametro1
Descrizione	Diametro delle ruote dell'asse 1, misurato in metri.
Tipo	Virgola mobile
Campo di definizione	0,800 ÷ 1,250

Nome	Diametro2
Descrizione	Diametro delle ruote dell'asse 2, misurato in metri.
Tipo	Virgola mobile
Campo di definizione	0,800 ÷ 1,250

Nome	ImpulsiGiro1
Descrizione	Impulsi/giro dei generatori dell'asse 1.
Tipo	Intero
Campo di definizione	80 ÷ 128

Nome	ImpulsiGiro2
Descrizione	Impulsi/giro dei generatori dell'asse 2.
Tipo	Intero
Campo di definizione	80 ÷ 128

7.2 Interfaccia software di uscita

L'Algoritmo trasmette ad SCMT i seguenti segnali:

Nome	VelStimata
Descrizione	Stima della velocità del treno nell'intervallo di campionamento corrente, misurata in m/s.
Tipo	Virgola mobile
Campo di definizione	0 ÷ (350/3,6)

Nome	SpazioStimato
Descrizione	Stima dello spazio percorso dal treno fino all'intervallo di campionamento corrente, misurato in metri.
Tipo	Virgola mobile
Campo di definizione	0 ÷ 10 ⁹ (Deve azzerarsi ad ogni accensione di SCMT)

Nome	VelAsse1
Descrizione	Velocità periferica dell'asse 1 calcolata nell'intervallo di campionamento corrente, misurata in m/s.
Tipo	Virgola mobile
Campo di definizione	0 ÷ (500/3,6)

Nome	VelAsse2
Descrizione	Velocità periferica dell'asse 2 calcolata nell'intervallo di campionamento corrente, misurata in m/s.
Tipo	Virgola mobile
Campo di definizione	0 ÷ (500/3,6)

Nome	StatoAlgoritmo
Descrizione	Numero associato allo stato in cui si trova l'algoritmo nell'intervallo di campionamento corrente.
Tipo	Intero
Campo di definizione	-3: Slittamento: slittamento in atto. -2: AderenzaNonCertaSlittamento: fase successiva ad uno slittamento non ancora definitivamente concluso. -1: NonSlittamento: fase successiva ad uno slittamento definitivamente concluso. 1: NonPattinamento: fase successiva ad un pattinamento definitivamente concluso. 2: AderenzaNonCertaPattinamento: fase successiva ad un pattinamento non ancora definitivamente concluso. 3: Pattinamento: pattinamento in atto. 4: TrattoVelCostante: fase di inizio pattinamento.

Nome	FuoriServizio
Descrizione	Stato logico associato alla condizione di efficienza del Sistema Odometrico.
Tipo	Logico
Campo di definizione	Vero: Sistema Odometrico inefficiente. Falso: Sistema Odometrico efficiente.

7.3 Parametri costanti

Anche se non esplicitato nella [1] occorre innanzitutto definire e quantificare il seguente parametro:

- *T*: tempo di campionamento.
Valore: 0,1 s.

Gli altri parametri cui si fa riferimento nella [1] sono i seguenti. Ai fini della loro esatta individuazione si riporta, per ciascuno di essi, la descrizione e la localizzazione in termini di paragrafo e rigo all'interno della [1].

- 1) Riferimento [1]: ... soglia ΔV ... - § 6.1 – rigo 2.
Nome: *SogliaVarVel*.
Valore: 2/3,6 m/s.
- 2) Riferimento [1]: ... intervallo di tempo ... - § 6.1 – rigo 3.
Nome: *TauFiltroSingoleAccelerazioni*.
Valore: 0,5 s.
Nota: l'algoritmo deve discriminare fra pattinamento e slittamento osservando il segno della media delle accelerazioni dei due assi, filtrate con un filtro passa basso caratterizzato da un tempo di salita pari a *TauFiltroSingoleAccelerazioni*.
- 3) Riferimento [1]: ... contributi dovuti alla pendenza ... - § 6.1 – rigo 4.
Nome: *di*.
Valore: - *Pendenza* * 9,81.

Nota: decelerazione dovuta alla pendenza.

- 4) Riferimento [1]: ... termine prefissato ... - § 6.1 – rigo 5.

Nome: *SogliaPerSlittamento*.

Valore: - 0,1 m/s².

- 5) Riferimento [1]: ... tempo limitato ... - § 6.1.1 – rigo 4.

Nome: *NumInizioPattinamento*.

Nota: calcolato in termini di numero di campioni conteggiati in funzione della velocità stimata, tosandolo al valore di *NumInizioPattinamentoMax* a partire da un valore della velocità stimata di *VelInizioPattinamentoMax* (200/3,6 m/s).

$$NumInizioPattinamentoMax = \frac{NumInizioPattinamentoRif * VelInizioPattinamentoMax}{VelInizioPattinamentoRif (160/3,6 \text{ m/s})}$$

$$NumInizioPattinamentoRif = \frac{TInizioPattinamentoRif (3 \text{ s})}{T (0,1 \text{ s})}$$

- 6) Riferimento [1]: ... certa base di tempo ... - § 6.1.1 – rigo 7.

Nome: *TauFiltroAccelerazioneMedia*.

Valore: 4 s.

Nota: la decelerazione media viene filtrata con un filtro passa basso caratterizzato da un tempo di salita pari a *TauFiltroAccelerazioneMedia*.

- 7) Riferimento [1]: ... approssima la resistenza al moto ... - § 6.1.1 – rigo 9.

Nome: *DRM*.

Valore: 0,15 m/s².

- 8) Riferimento [1]: ... contributo della pendenza ... - § 6.1.1 – rigo 10.

Nota: vedere 3).

- 9) Riferimento [1]: ... decelerazione attesa ... - § 6.1.1 – rigo 10.

Nome: *KPrime*.

Valore: 1,2.

Nota: coefficiente che deve essere moltiplicato per la decelerazione dovuta al peso frenato.

- 10) Riferimento [1]: ... tenendo conto della pendenza ... - § 6.1.1 – rigo 11.

Nota: vedere 3).

- 11) Riferimento [1]: ... maggiorata con un opportuno ... - § 6.1.1 – rigo 11.

Nome: *MaggiorazioneDecelerazione*.

Valore: 0,15 m/s².

Nota: valore che deve essere sommato alla decelerazione media.

- 12) Riferimento [1]: ... soglia minima ... - § 6.1.1 – rigo 13.

Nome: *SogliaVelNulla*.

Valore: 1 m/s.

- 13) Riferimento [1]: ... un ritardo ... - § 6.1.1 – rigo 16.

Nome: *NumAsseBloccato*.

Nota: calcolato in termini di numero di campioni conteggiati in funzione della velocità stimata, tosandolo al valore di *NumAsseBloccatoMax* a partire da un valore della velocità stimata di *VelAsseBloccato* (145/3,6 m/s).

$$NumAsseBloccatoMax = \frac{TAsseBloccatoMax (4 \text{ s})}{T (0,1 \text{ s})}$$

- 14) Riferimento [1]: ... permanenza della decelerazione ... - § 6.1.2 – rigo 3.

Nome: *TAsseStabile*.

Valore: 2 s.

Nota: per compensare eventuali errori commessi nella fase di riallineamento si controlla la stabilità di entrambi gli assi se la differenza tra le due velocità fosse inferiore o uguale a *Tolleranza* (1/3,6 m/s), altrimenti si controlla soltanto la stabilità dell'asse più veloce.

- 15) Riferimento [1]: ... fascia di oscillazione ... - § 6.1.2 – rigo 4.
Nome: *SogliaJerk*.
Valore: 0,5 m/s².
- 16) Riferimento [1]: ... limiti assoluti prestabiliti ... - § 6.1.2 – rigo 5.
Nome: *IncrementoDecelerazioneAmmesso*.
Valore: 0,8 m/s².
Nota: valore che deve essere sommato alla decelerazione dovuta al peso frenato per ottenere la soglia di decelerazione utilizzata per discriminare il pattinamento di entrambi gli assi.
- 17) Riferimento [1]: ... decelerazione nettamente superiore ... - § 6.1.2 – rigo 6.
Nome: *DecAdeguamento*.
Valore: 5 m/s².
- 18) Riferimento [1]: ... soglia di decelerazione ... - § 6.2 – rigo 1.
Nota: vedere 16).
- 19) Riferimento [1]: ... opportuno ΔV ... - § 6.3 – rigo 3.
Nome: *MaggiorazioneVel*.
Nota: calcolato in funzione della velocità stimata, tosandolo al valore di *MaggiorazioneVelIniziale* (1,5 m/s) a partire da un valore della velocità stimata di *VelDiscriminanteGalleggiamento* (20 m/s).
- 20) Riferimento [1]: ... determinato periodo di tempo. - § 6.4 – rigo 3.
Nome: *TNonPattinamento*.
Valore: 2 s.
- 21) Riferimento [1]: ... decelerazione nettamente superiore ... - § 6.4.1 – rigo 3.
Nota: vedere 17).
- 22) Riferimento [1]: ... soglia minima ... - § 6.4.1 – rigo 4.
Nota: vedere 12).
- 23) Riferimento [1]: ... decelerazione attesa ... - § 6.4.1 – rigo 5.
Nome: dr.
Nota: decelerazione derivata dalla percentuale di peso frenato.
- 24) Riferimento [1]: ... prossimo alla velocità degli assi ... - § 6.4.1 – rigo 9.
Nome: *DeltaVelAdeguamento*.
Valore: 1,5 m/s.
Nota: valore che deve essere sommato alla maggiore fra le velocità degli assi.
- 25) Riferimento [1]: ... tempo relativamente esteso ... - § 6.5 – rigo 2.
Nome: *TCommutazione*.
Valore: 4 s.
- 26) Riferimento [1]: ... valore di soglia ... - § 6.5 – rigo 3.
Nota: vedere 4). Questo valore di accelerazione deve essere sommato al termine dovuto alla pendenza.
- 27) Riferimento [1]: ... contributo della pendenza ... - § 6.5 – rigo 3.
Nota: vedere 3).
- 28) Riferimento [1]: ... soglia di decelerazione ... - § 7.1 – rigo 1.
Nota: vedere 18).
- 29) Riferimento [1]: ... tempo limitato ... - § 7.1.1 – rigo 2.
Nota: vedere 5).
- 30) Riferimento [1]: ... certa base di tempo ... - § 7.1.1 – rigo 6.
Nota: vedere 6).
- 31) Riferimento [1]: ... approssima la resistenza al moto ... - § 7.1.1 – rigo 8.
Nota: vedere 7).
- 32) Riferimento [1]: ... contributo della pendenza ... - § 7.1.1 – rigo 8.
Nota: vedere 3).

- 33) Riferimento [1]: ... decelerazione attesa ... - § 7.1.1 – rigo 9.
Nota: vedere 9).
- 34) Riferimento [1]: ... tenendo conto della pendenza ... - § 7.1.1 – rigo 9.
Nota: vedere 3).
- 35) Riferimento [1]: ... maggiorata con un opportuno ... - § 7.1.1 – rigo 10.
Nota: vedere 11).
- 36) Riferimento [1]: ... opportuno ΔV ... - § 7.2 – rigo 2.
Nota: vedere 19).
- 37) Riferimento [1]: ... determinato intervallo di tempo. - § 7.3 – rigo 2.
Nota: vedere 20).
- 38) Riferimento [1]: ... decelerazione nettamente superiore ... - § 7.3.1 – rigo 2.
Nota: vedere 21).
- 39) Riferimento [1]: ... soglia minima ... - § 7.3.1 – rigo 6.
Nota: vedere 22).
- 40) Riferimento [1]: ... decelerazione attesa ... - § 7.3.1 – rigo 7.
Nota: vedere 23).
- 41) Riferimento [1]: ... un ritardo ... - § 7.3.1 – rigo 8.
Nota: vedere 13).
- 42) Riferimento [1]: ... tempo relativamente esteso ... - § 7.4 – rigo 2.
Nota: vedere 25).
- 43) Riferimento [1]: ... valore di soglia ... - § 7.4 – rigo 3.
Nota: vedere 26).
- 44) Riferimento [1]: ... contributo della pendenza ... - § 7.4 – rigo 3.
Nota: vedere 3).
- 45) Riferimento [1]: ... soglia ΔV ... - § 8.1 – rigo 2.
Nota: vedere 1).
- 46) Riferimento [1]: ... intervallo di tempo ... - § 8.1 – rigo 4.
Nota: vedere 2).
- 47) Riferimento [1]: ... contributi dovuti alla pendenza ... - § 8.1 – rigo 5.
Nota: vedere 3).
- 48) Riferimento [1]: ... termine prefissato ... - § 8.1 – rigo 5.
Nota: vedere 4).
- 49) Riferimento [1]: ... determinata soglia ... - § 8.1.1 – rigo 2.
Nome: *AccMassimaRif*.
Valore: 0,5 m/s².
Nota: questo valore di accelerazione deve essere sommato al termine dovuto alla pendenza.
- 50) Riferimento [1]: ... valore massimo prestabilito ... - § 8.1.1 – rigo 4.
Nome: *AccAdeguamentoRif*.
Valore: 0,5 m/s².
Nota: questo valore di accelerazione deve essere sommato al termine dovuto alla pendenza.
- 51) Riferimento [1]: ... soglia di accelerazione ... - § 8.2 – rigo 1.
Nome: *SogliaAccSlittamento*.
Valore: 2,6 m/s².
- 52) Riferimento [1]: ... determinato periodo di tempo. - § 8.4 – rigo 3.
Nome: *TNonSlittamento*.
Valore: 2 s.
- 53) Riferimento [1]: ... tempo relativamente esteso ... - § 8.5 – rigo 2.
Nota: vedere 25).
- 54) Riferimento [1]: ... valore di soglia ... - § 8.5 – rigo 3.
Nota: vedere 26).
- 55) Riferimento [1]: ... contributo della pendenza ... - § 8.5 – rigo 3.
Nota: vedere 3).
- 56) Riferimento [1]: ... valore limite ammesso ... - § 9.2 – rigo 1.

Nota: vedere 50).

- 57) Riferimento [1]: ... limite ammissibile ... - § 9.4 – rigo 2.

Nota: vedere 51).

- 58) Riferimento [1]: ... per un tempo prestabilito ... - § 9.4 – rigo 3.

Nota: vedere 14).

- 59) Riferimento [1]: ... tempo relativamente esteso ... - § 9.5 – rigo 2.

Nota: vedere 53).

- 60) Riferimento [1]: ... valore di soglia ... - § 9.5 – rigo 3.

Nota: vedere 54).

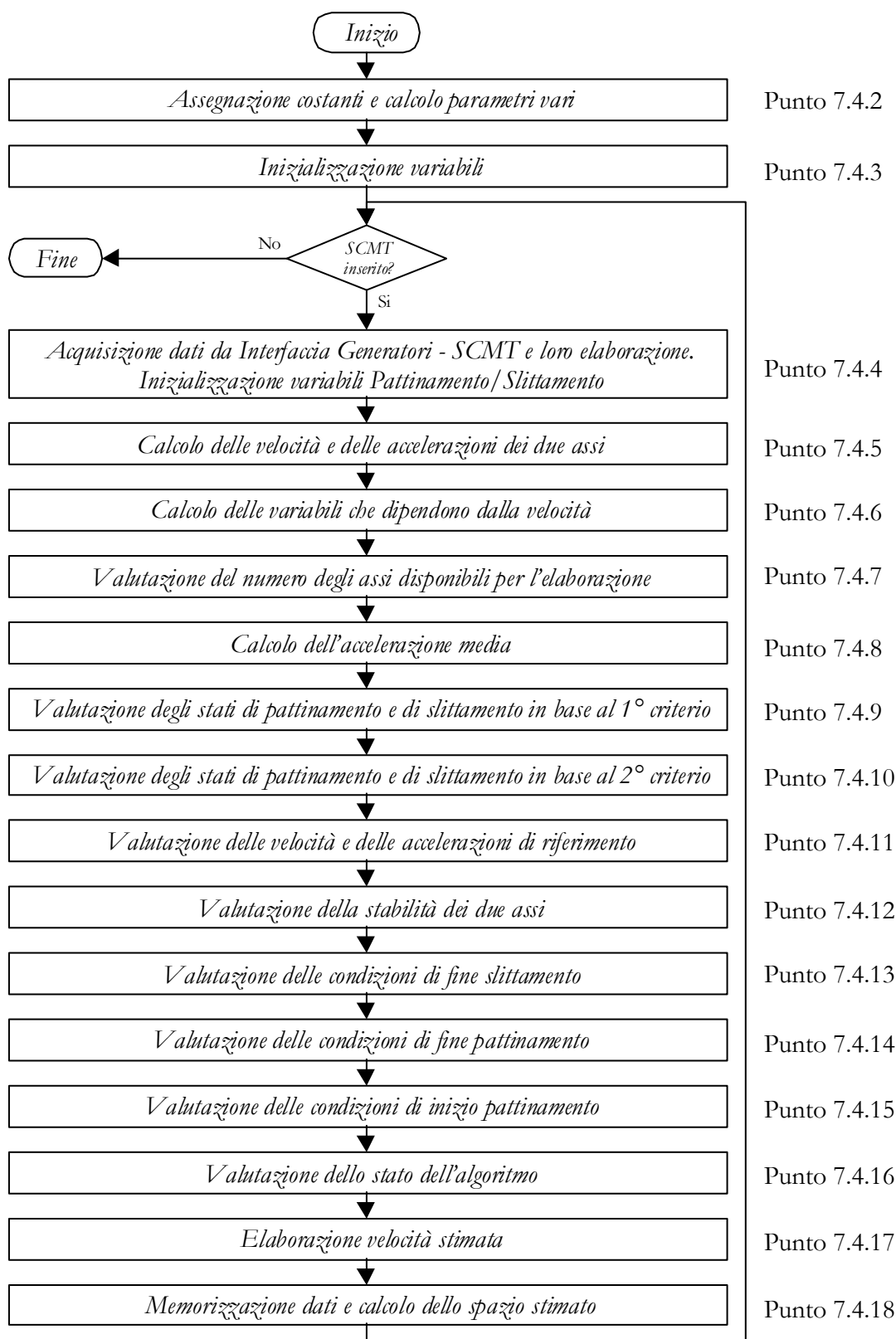
- 61) Riferimento [1]: ... contributo della pendenza ... - § 9.5 – rigo 3.

Nota: vedere 3).

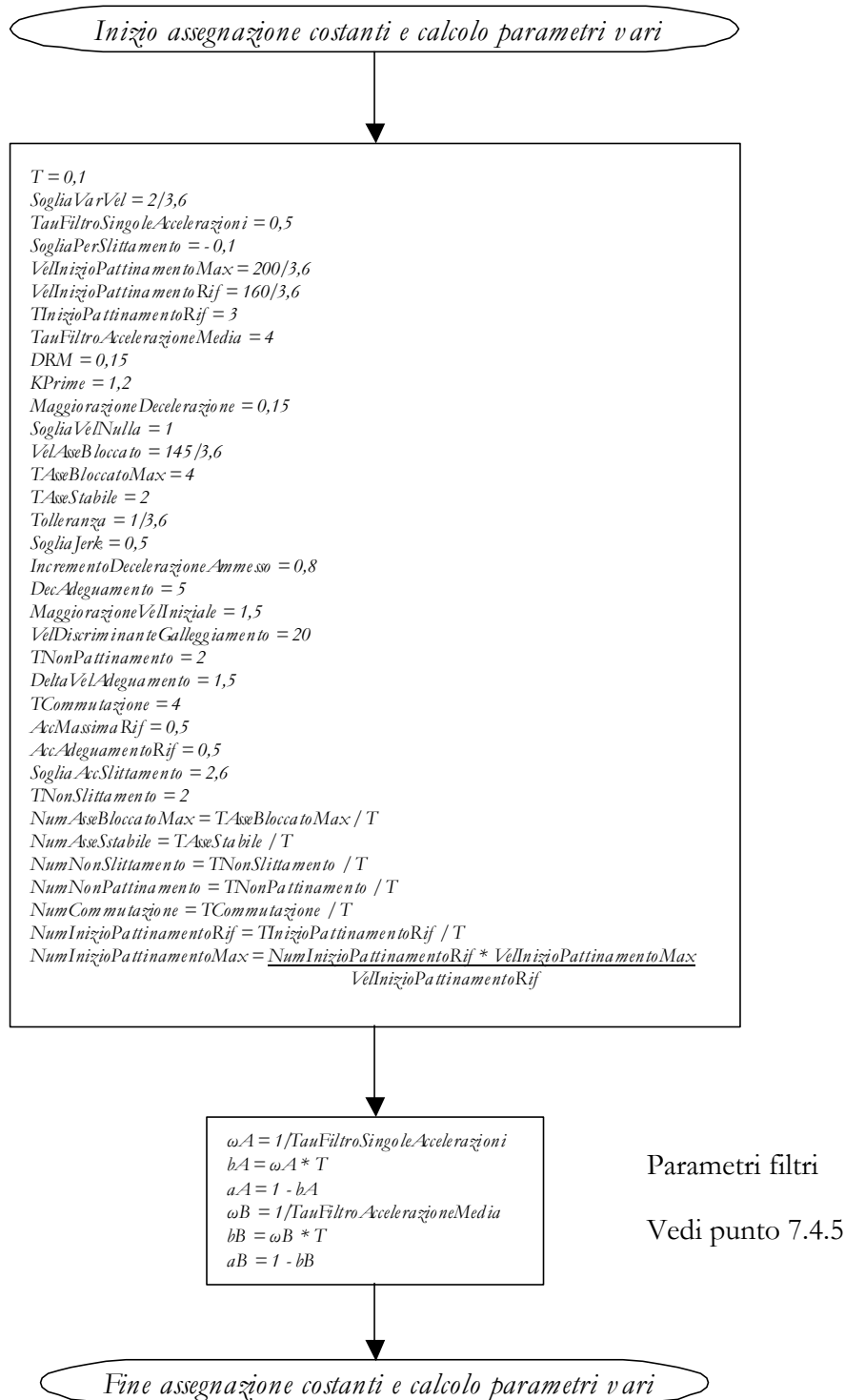
7.4 Diagrammi di flusso

I diagrammi di flusso rappresentati in questo paragrafo hanno il solo scopo di mostrare il flusso logico delle operazioni svolte dall'algoritmo, in armonia con la descrizione data in linguaggio naturale nella [1]. Le informazioni contenute nei diagrammi non devono perciò vincolare in alcun modo le scelte degli implementatori circa le quantità, i nomi, i tipi, il campo di visibilità, ecc. delle variabili e costanti utilizzate.

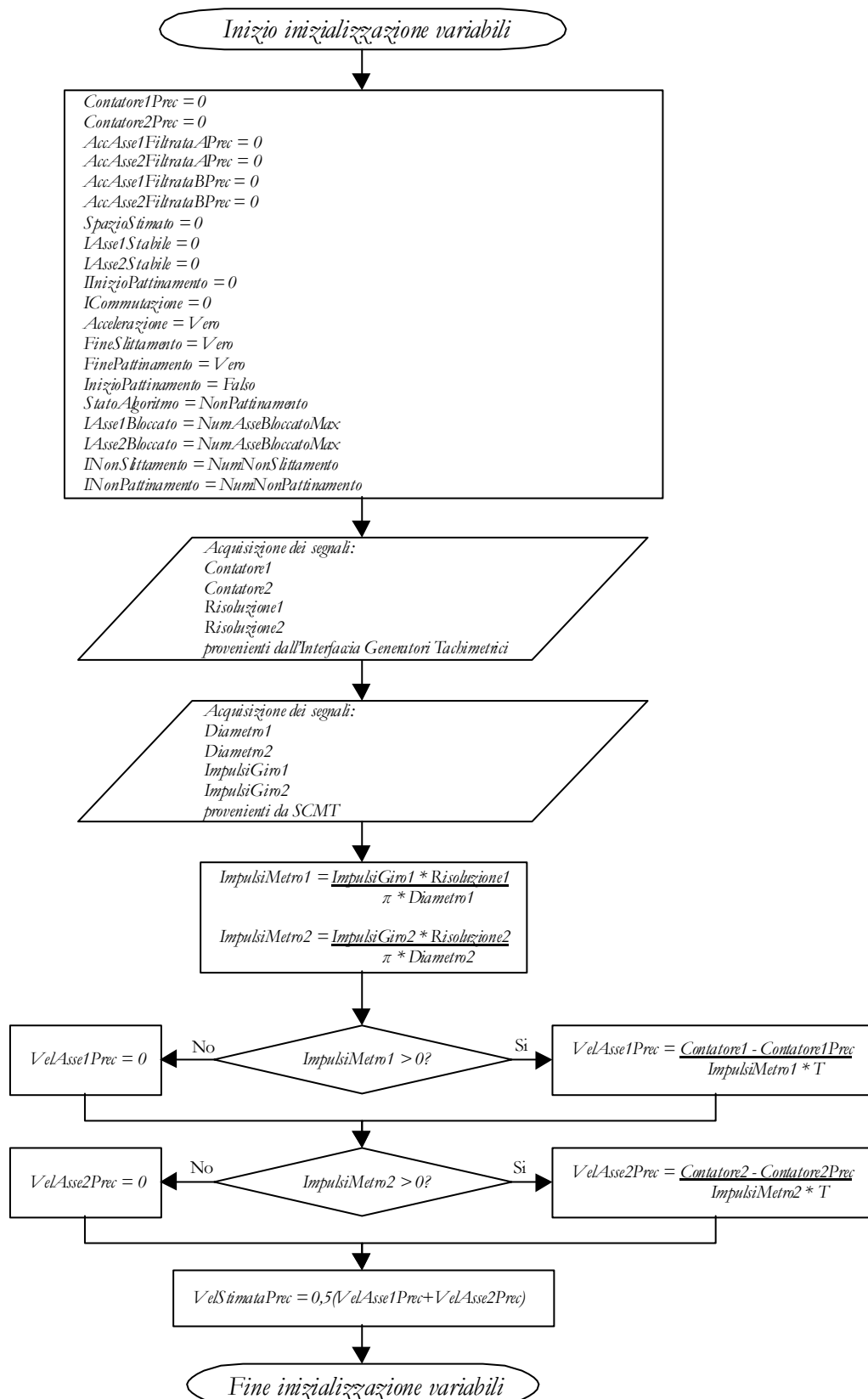
7.4.1 Struttura dell'Algoritmo



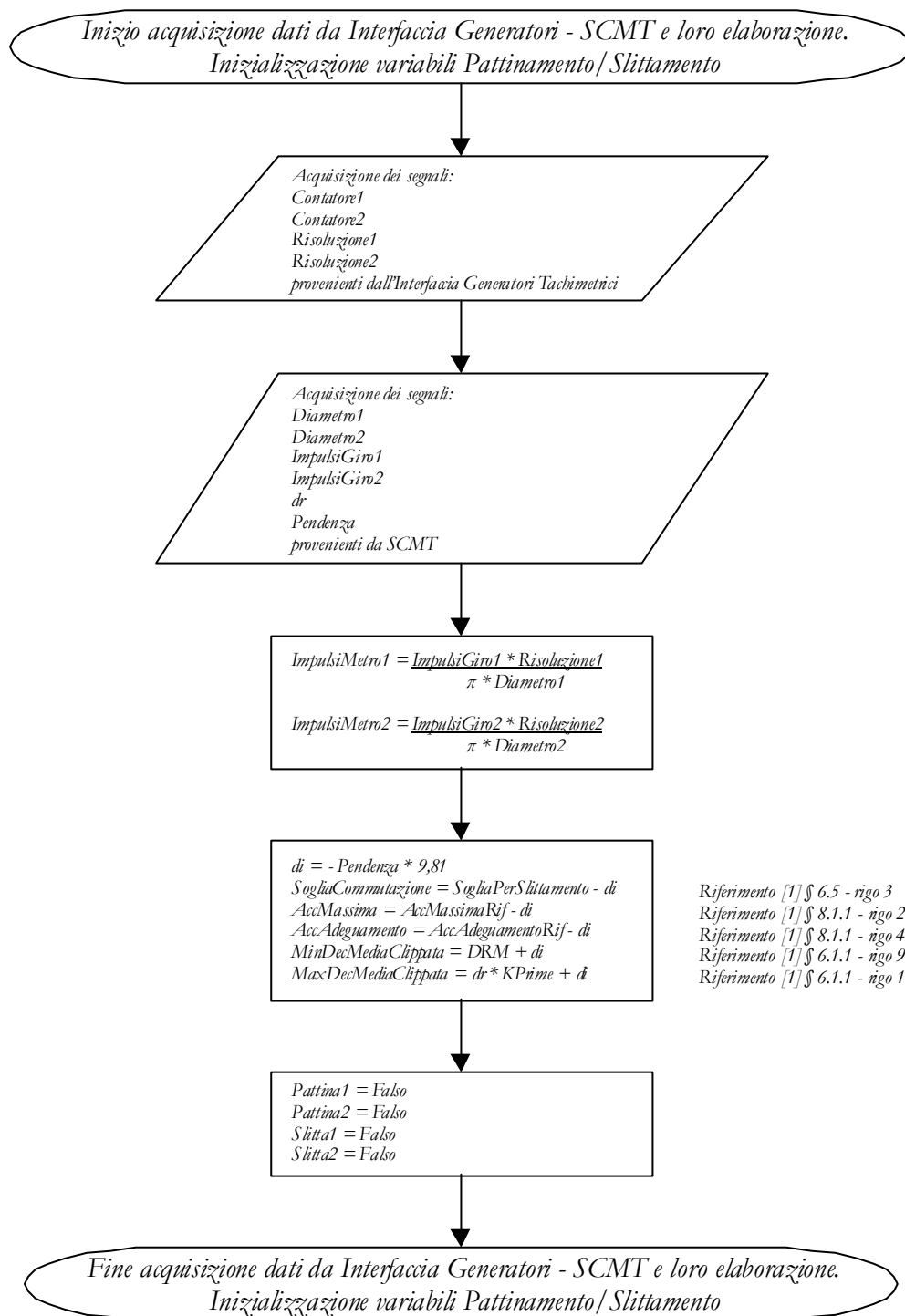
7.4.2 Assegnazione costanti e calcolo parametri vari



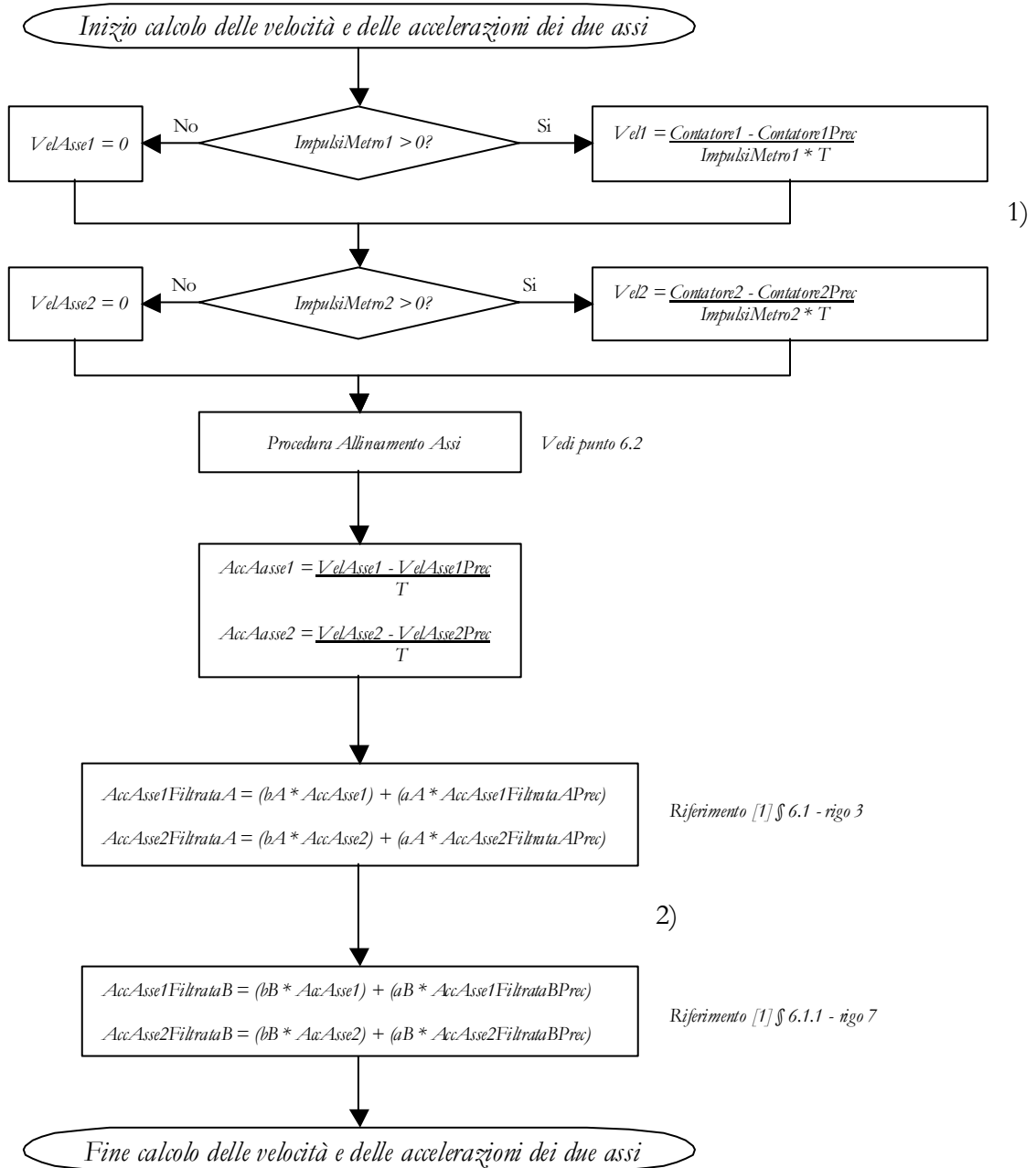
7.4.3 Inizializzazione variabili



7.4.4 *Acquisizione dati da Interfaccia Generatori - SCMT e loro elaborazione. Inizializzazione variabili Pattinamento/Slittamento*



7.4.5 Calcolo delle velocità e delle accelerazioni dei due assi

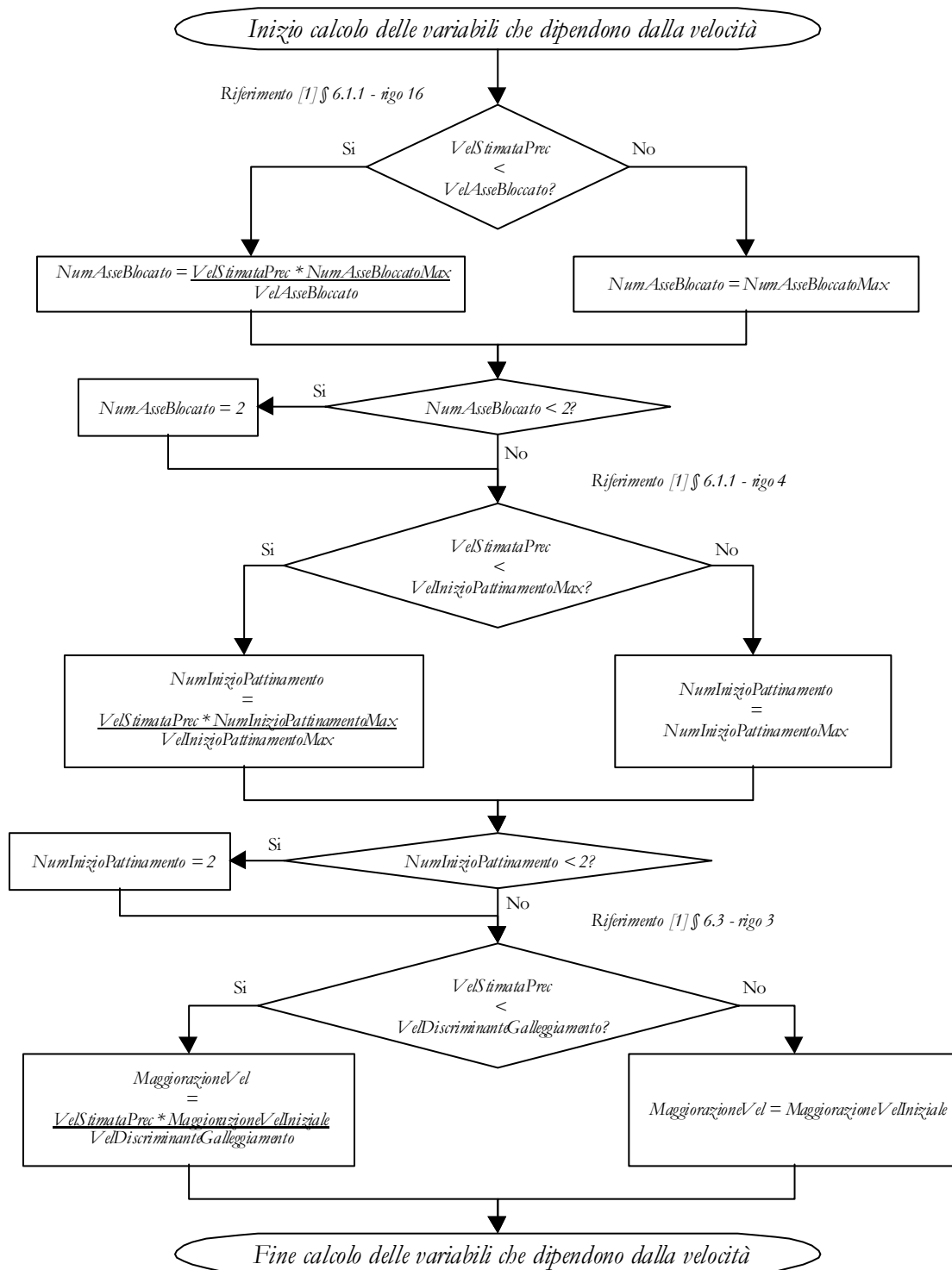


1) Affinché non si generino errori nel calcolo delle grandezze odometriche, l'algoritmo deve gestire la situazione del superamento, fra una lettura e l'altra, del fondo scala dei contatori.

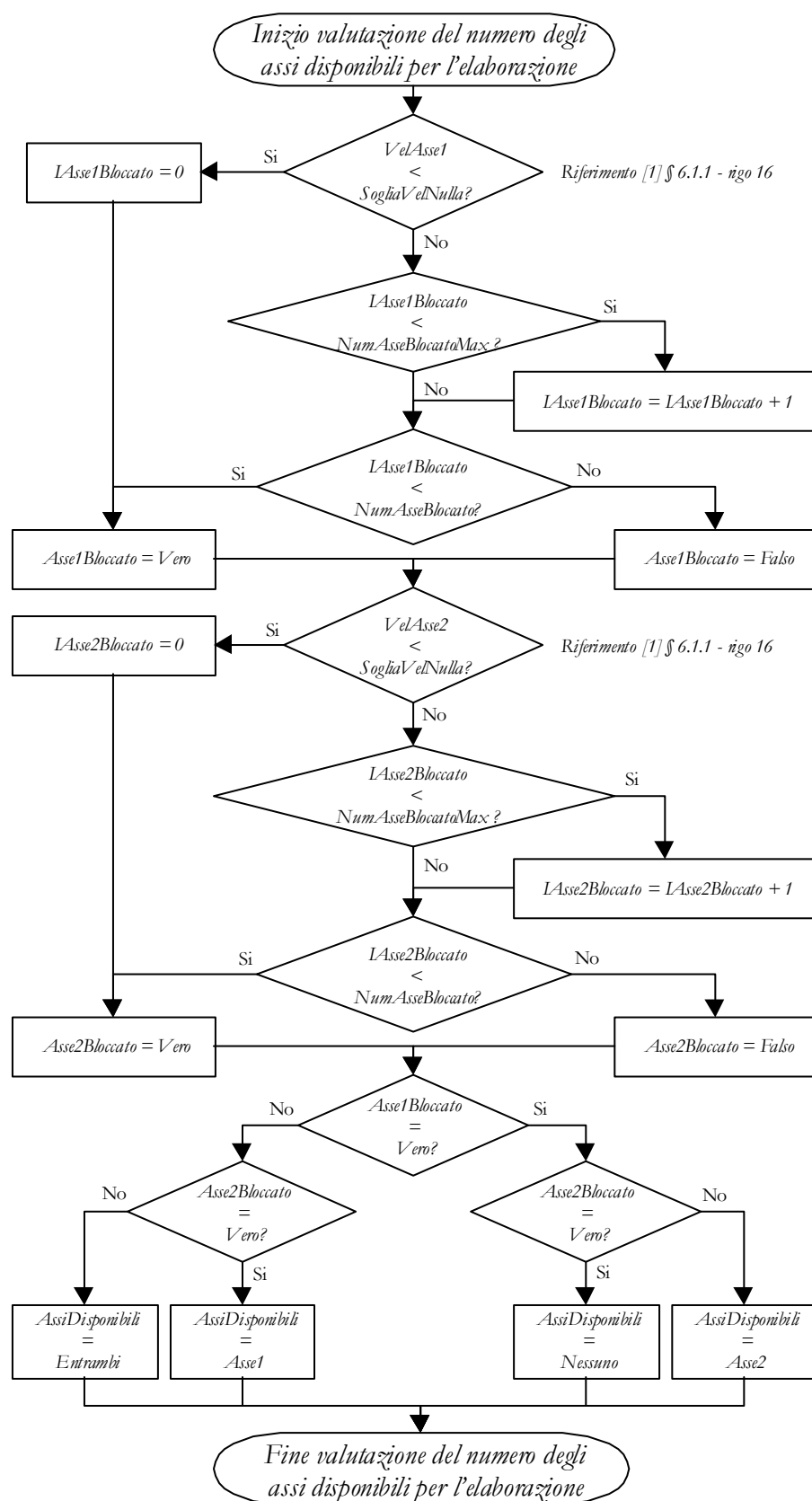
2) Chiarimento: filtro digitale del I ordine nel dominio Z: $y(z) = \frac{b z}{z - a} u(z) = \frac{b}{1 - a z^{-1}} u(z)$

da cui: $y(z) = b u(z) + a y(z) z^{-1}$ e antitrasformando: $y_i = b u_i + a y_{i-1}$

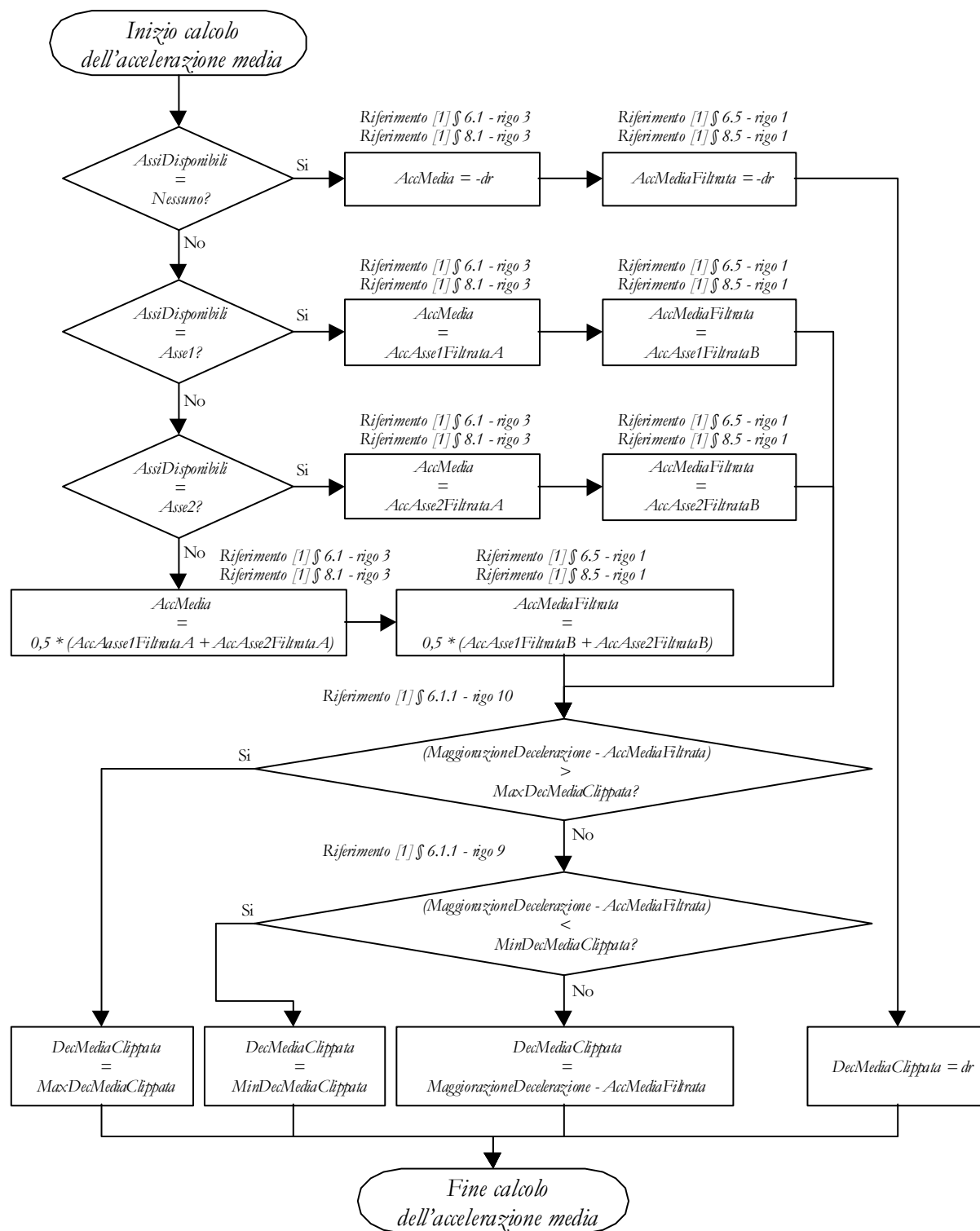
7.4.6 Calcolo delle variabili che dipendono dalla velocità



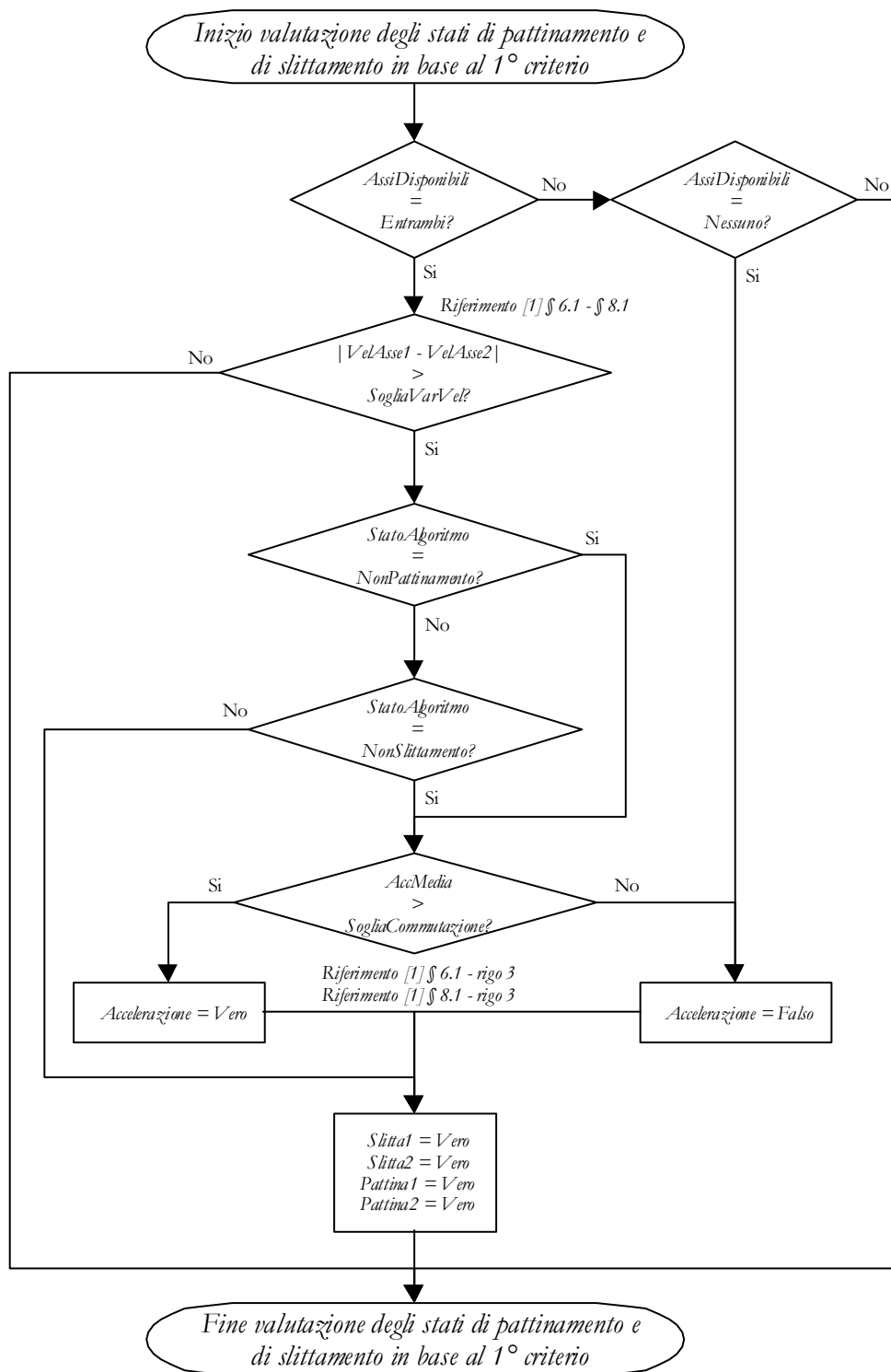
7.4.7 Valutazione del numero degli assi disponibili per l'elaborazione



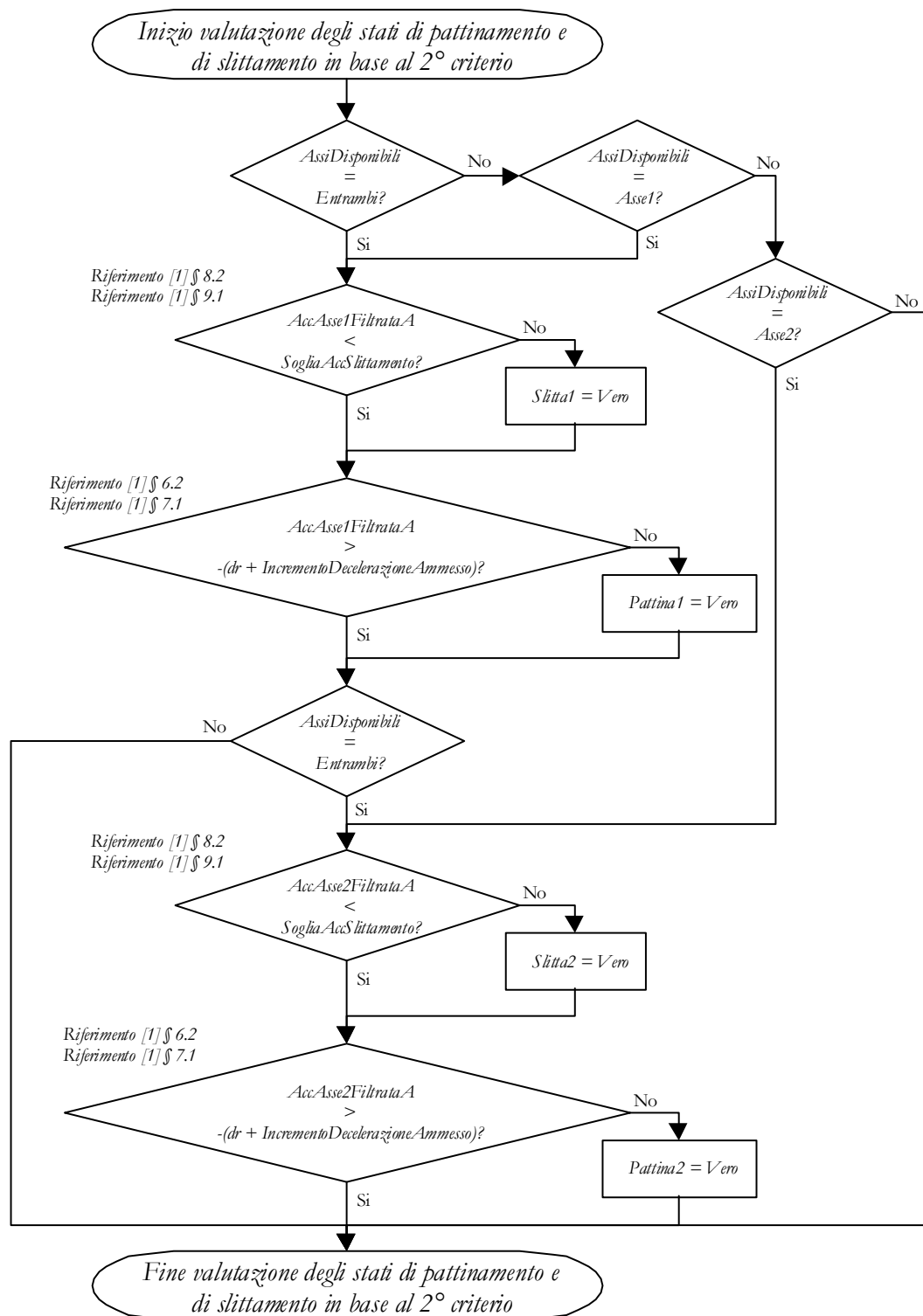
7.4.8 Calcolo dell'accelerazione media



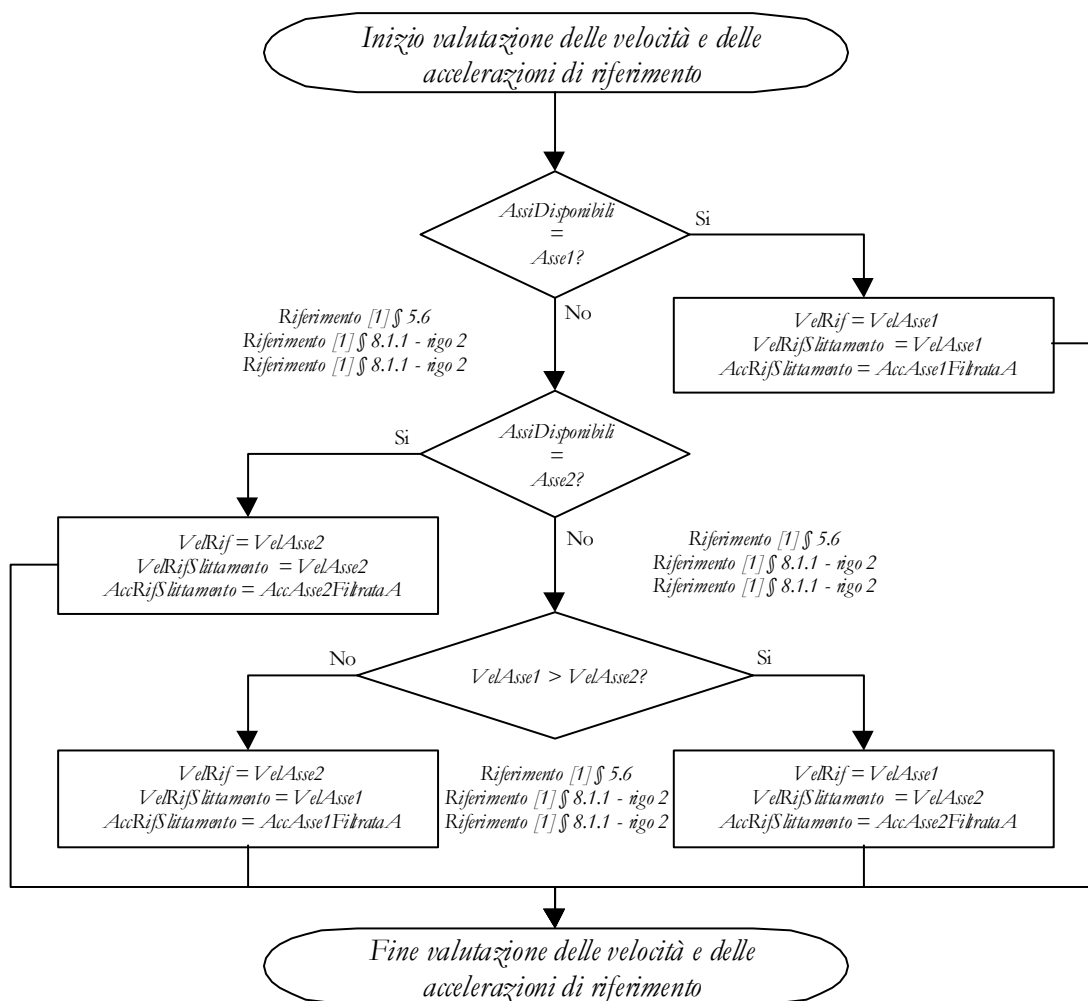
7.4.9 Valutazione degli stati di pattinamento e di slittamento in base al 1° criterio



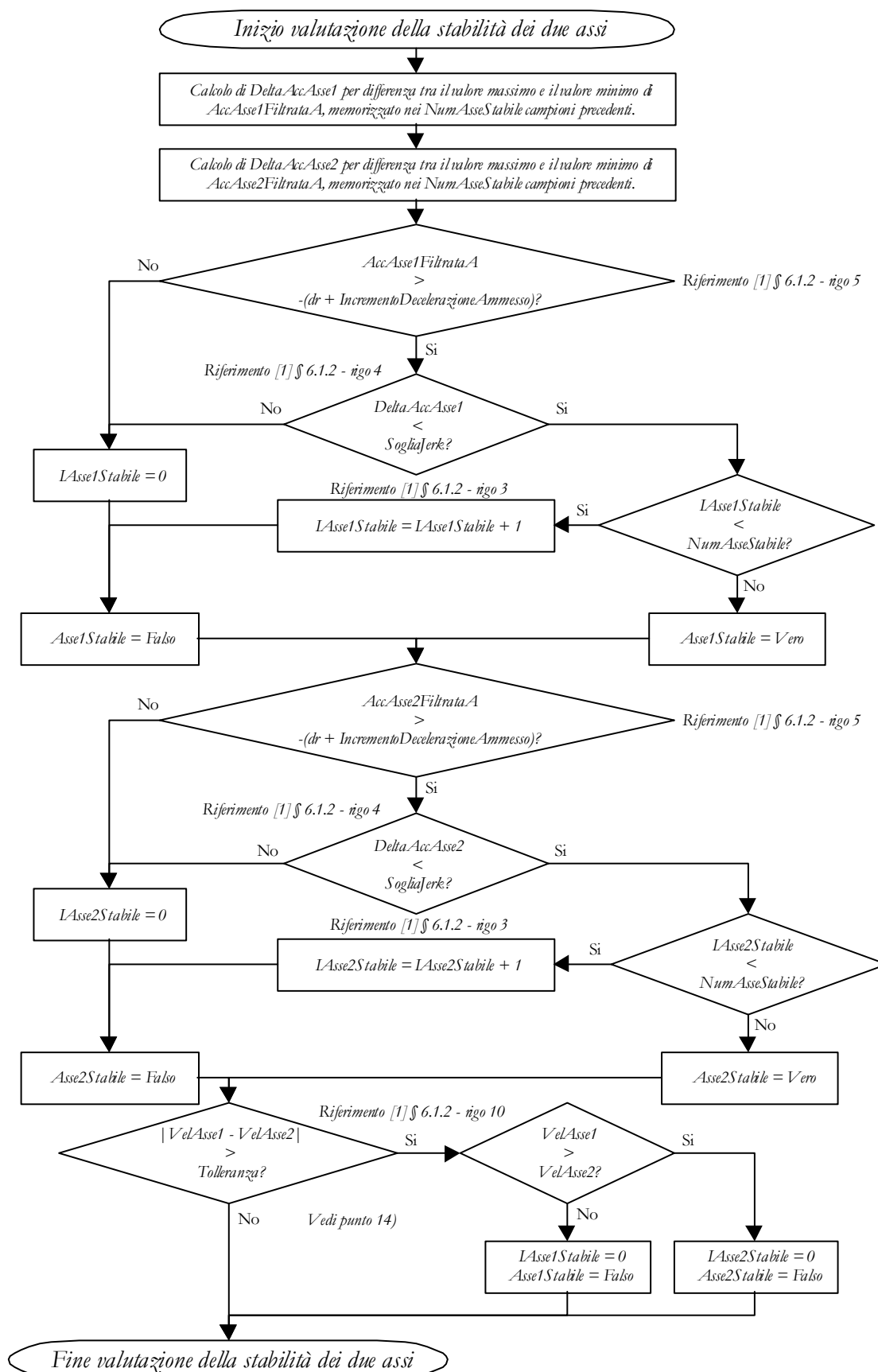
7.4.10 Valutazione degli stati di pattinamento e di slittamento in base al 2° criterio



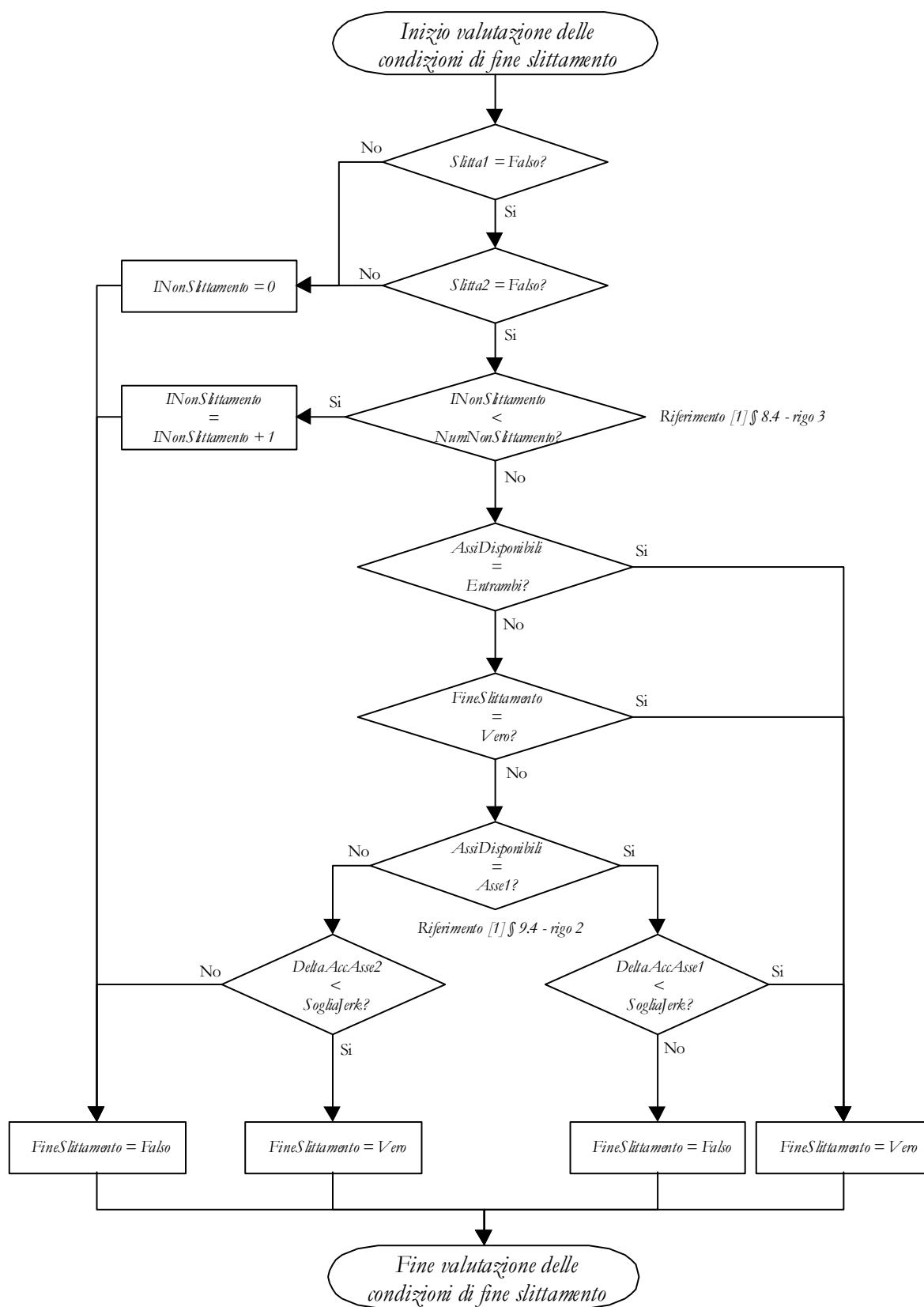
7.4.11 Valutazione delle velocità e delle accelerazioni di riferimento



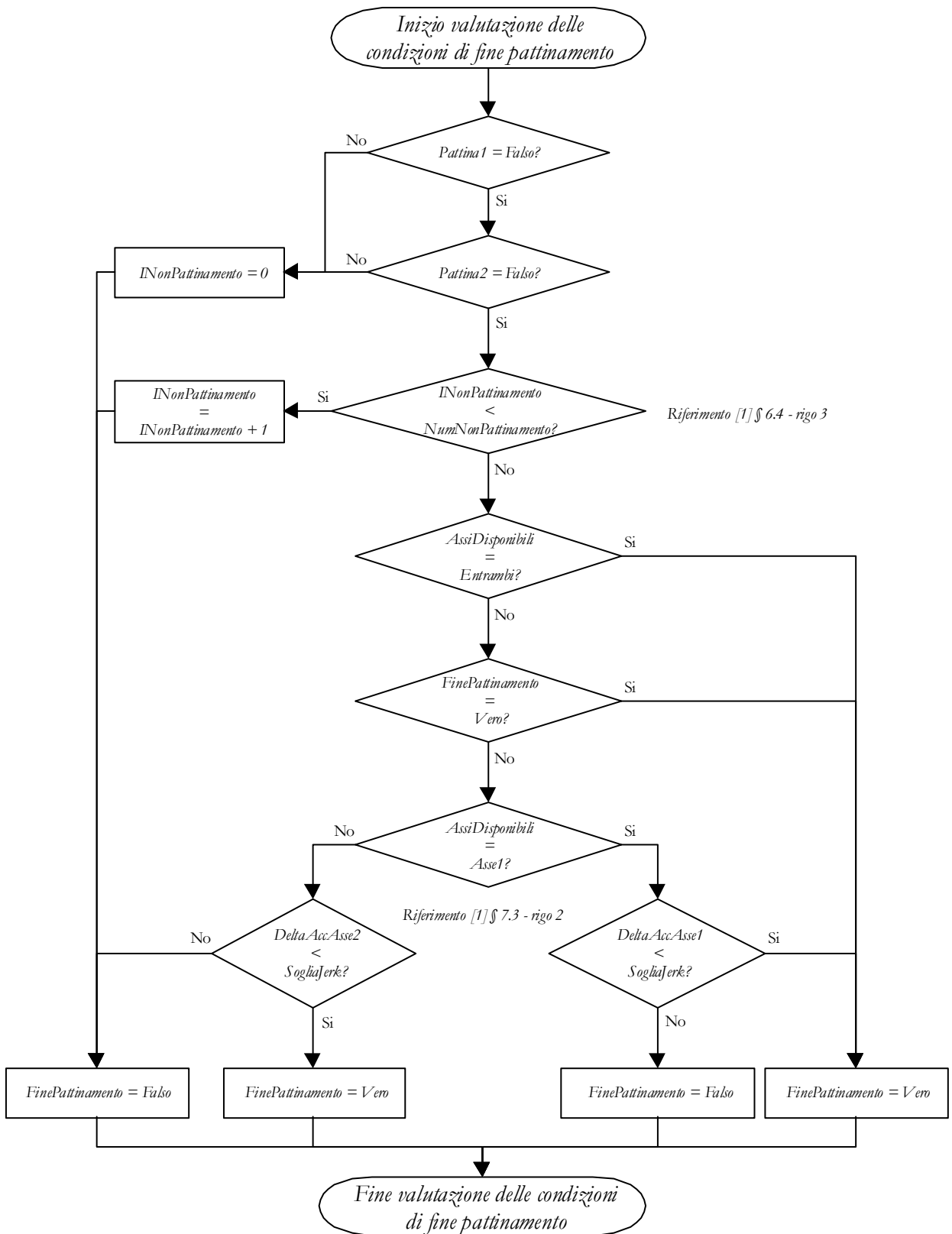
7.4.12 Valutazione della stabilità dei due assi



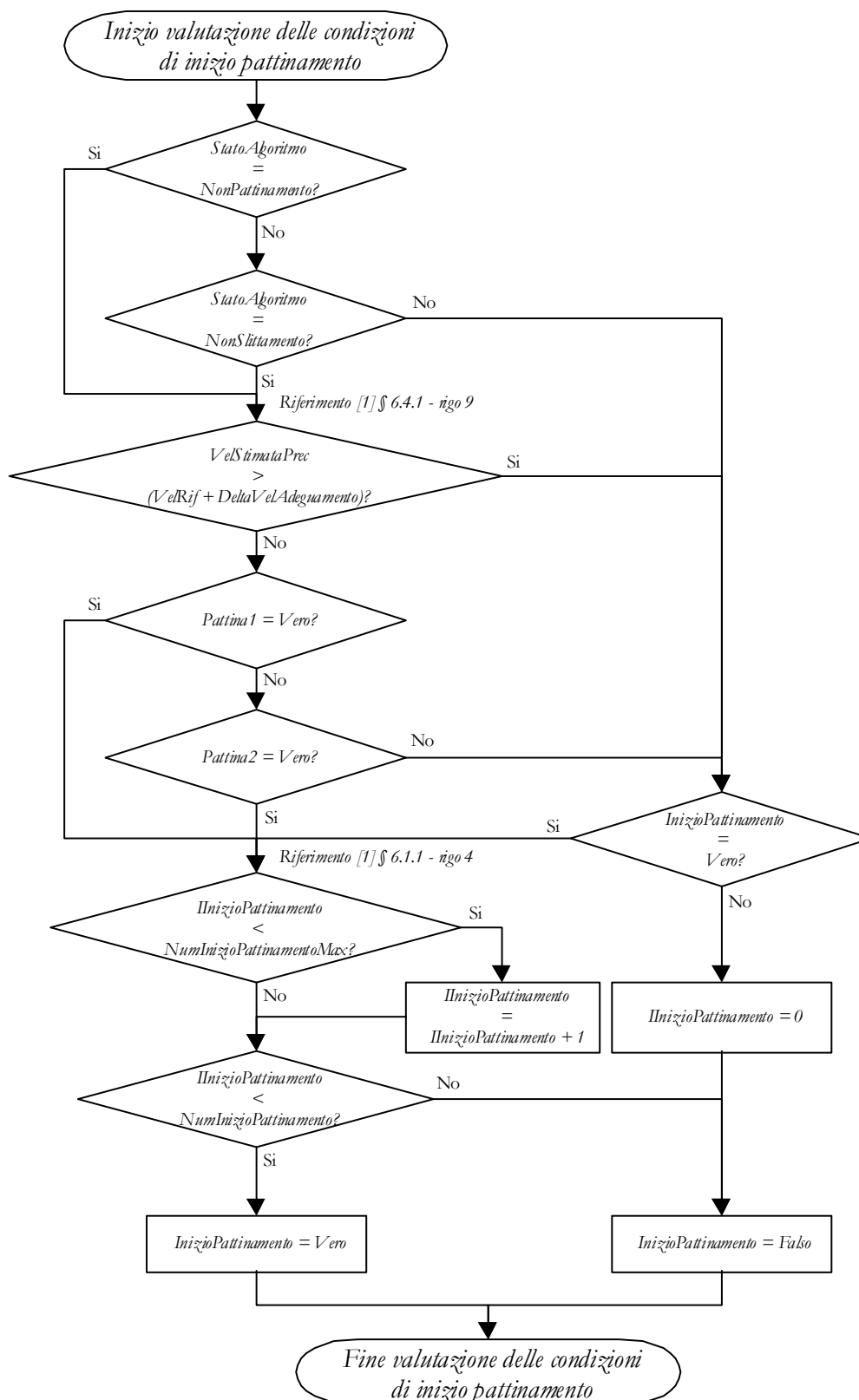
7.4.13 Valutazione delle condizioni di fine slittamento



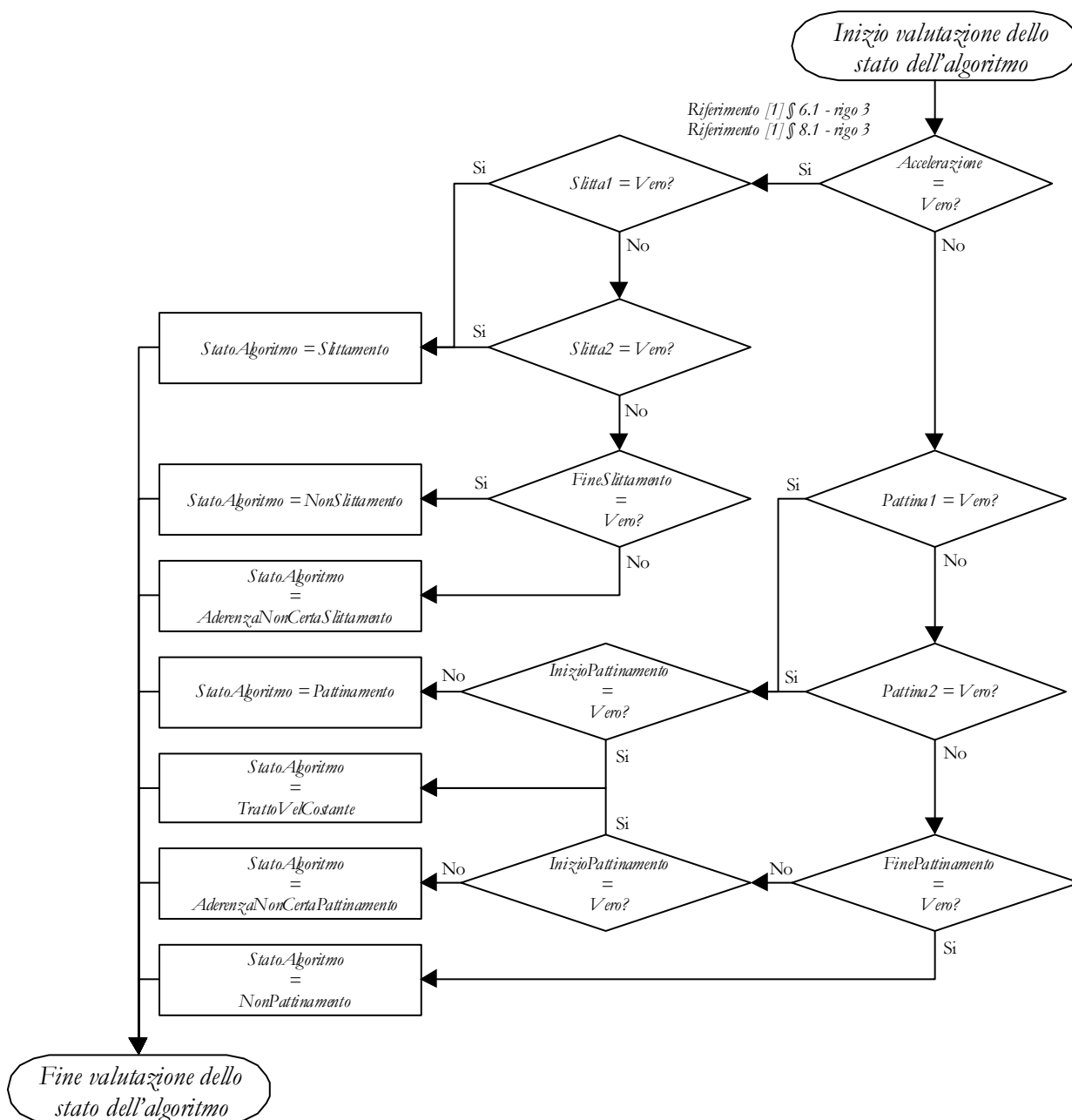
7.4.14 Valutazione delle condizioni di fine pattinamento



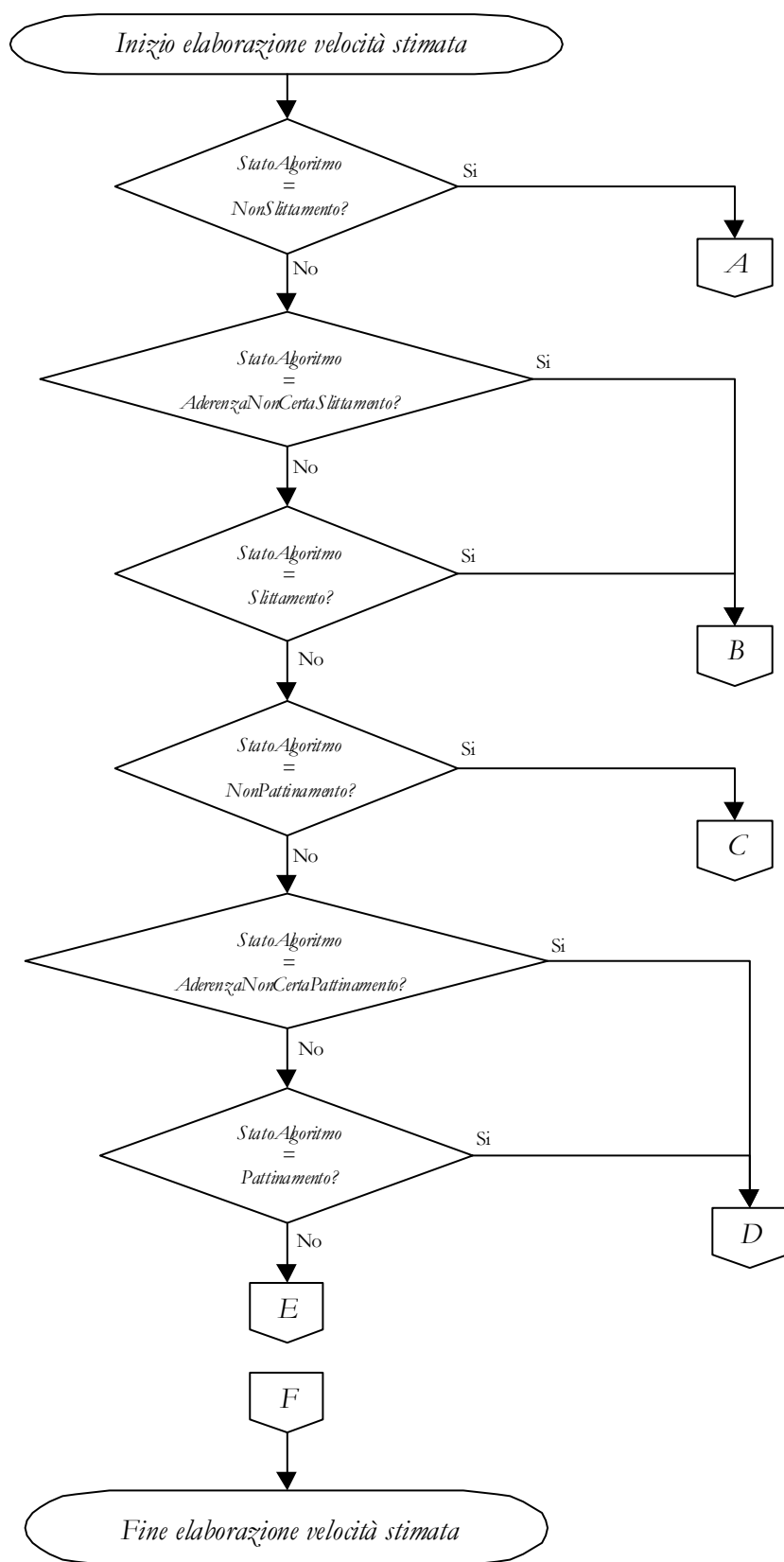
7.4.15 Valutazione delle condizioni di inizio pattinamento

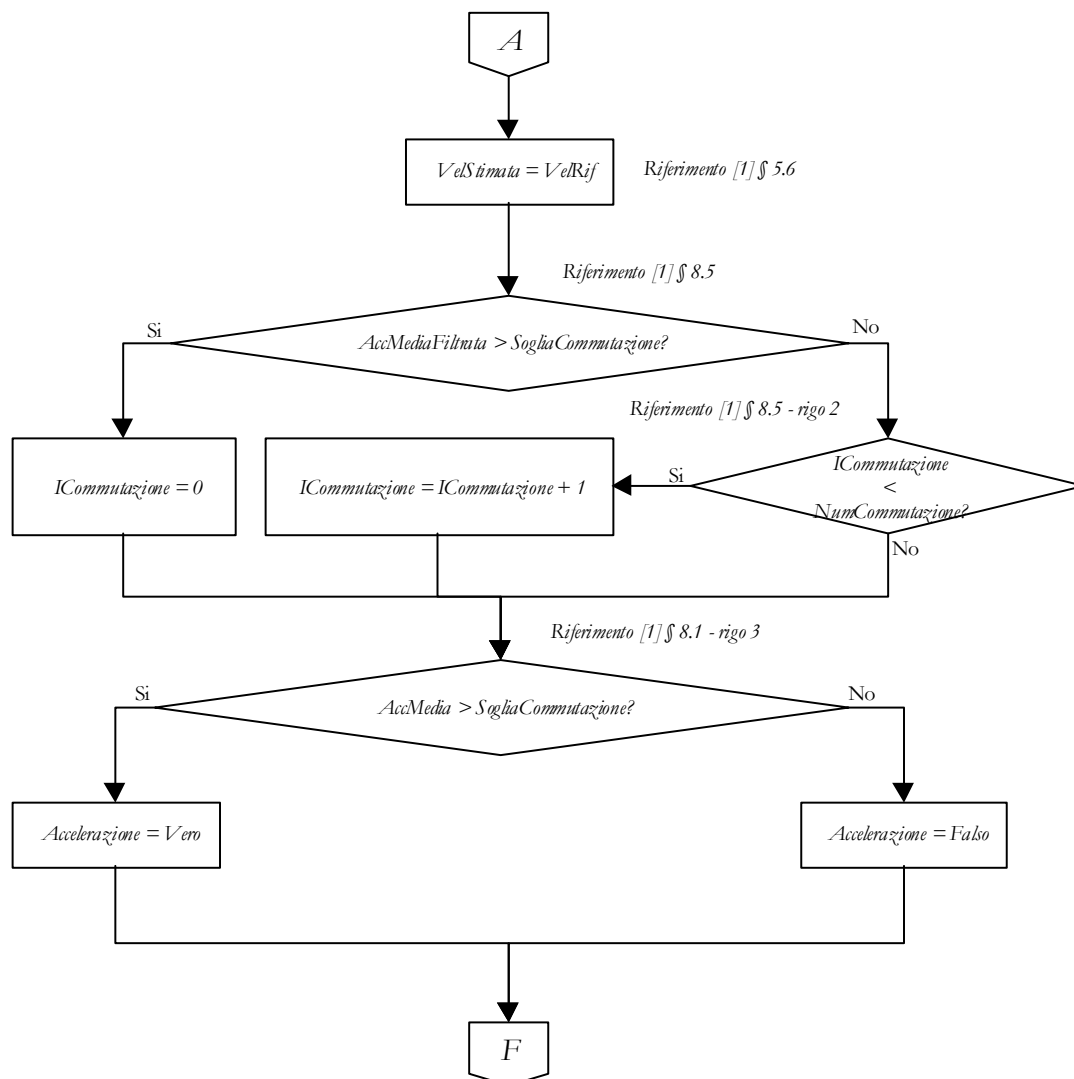


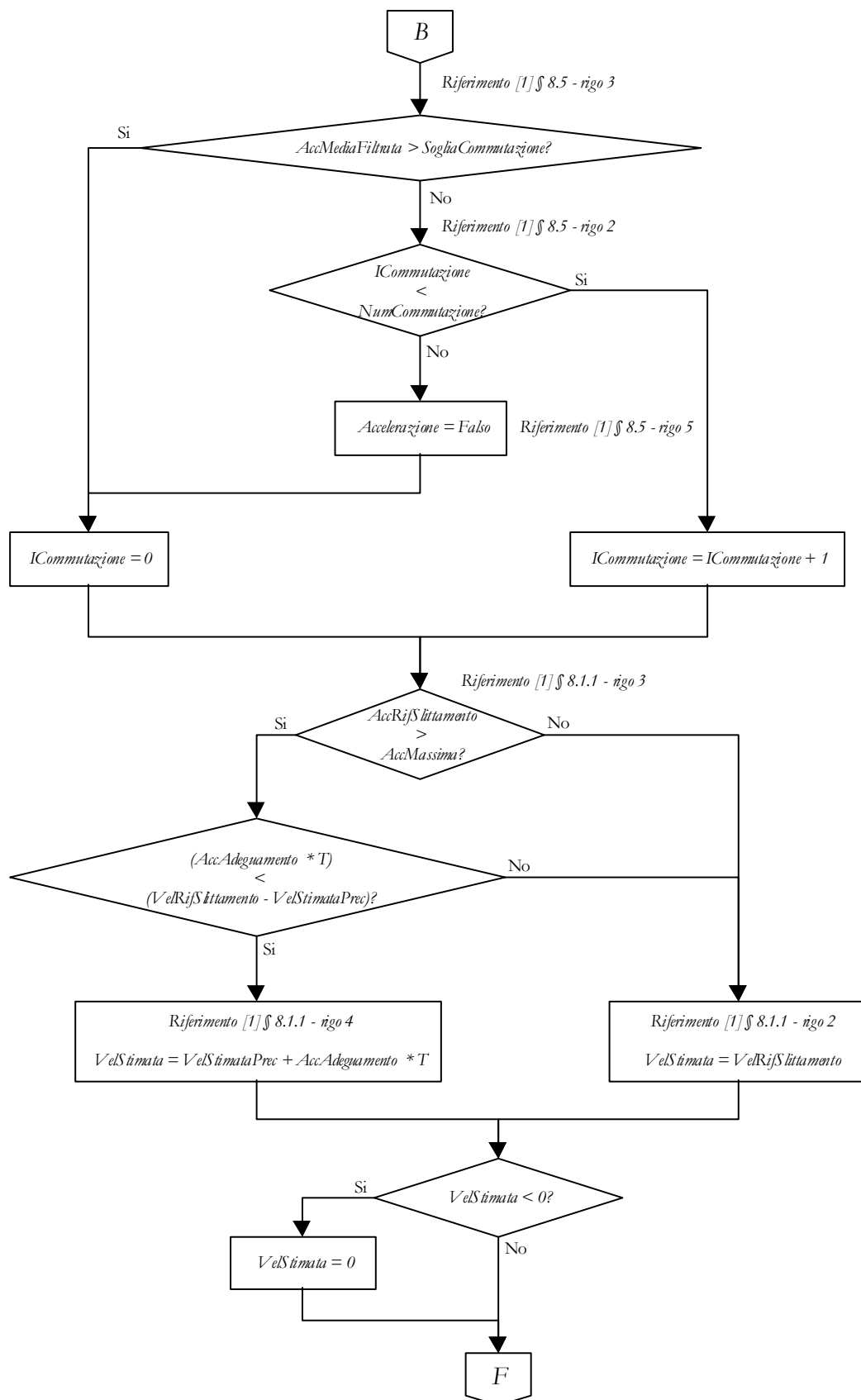
7.4.16 Valutazione dello stato dell'algoritmo

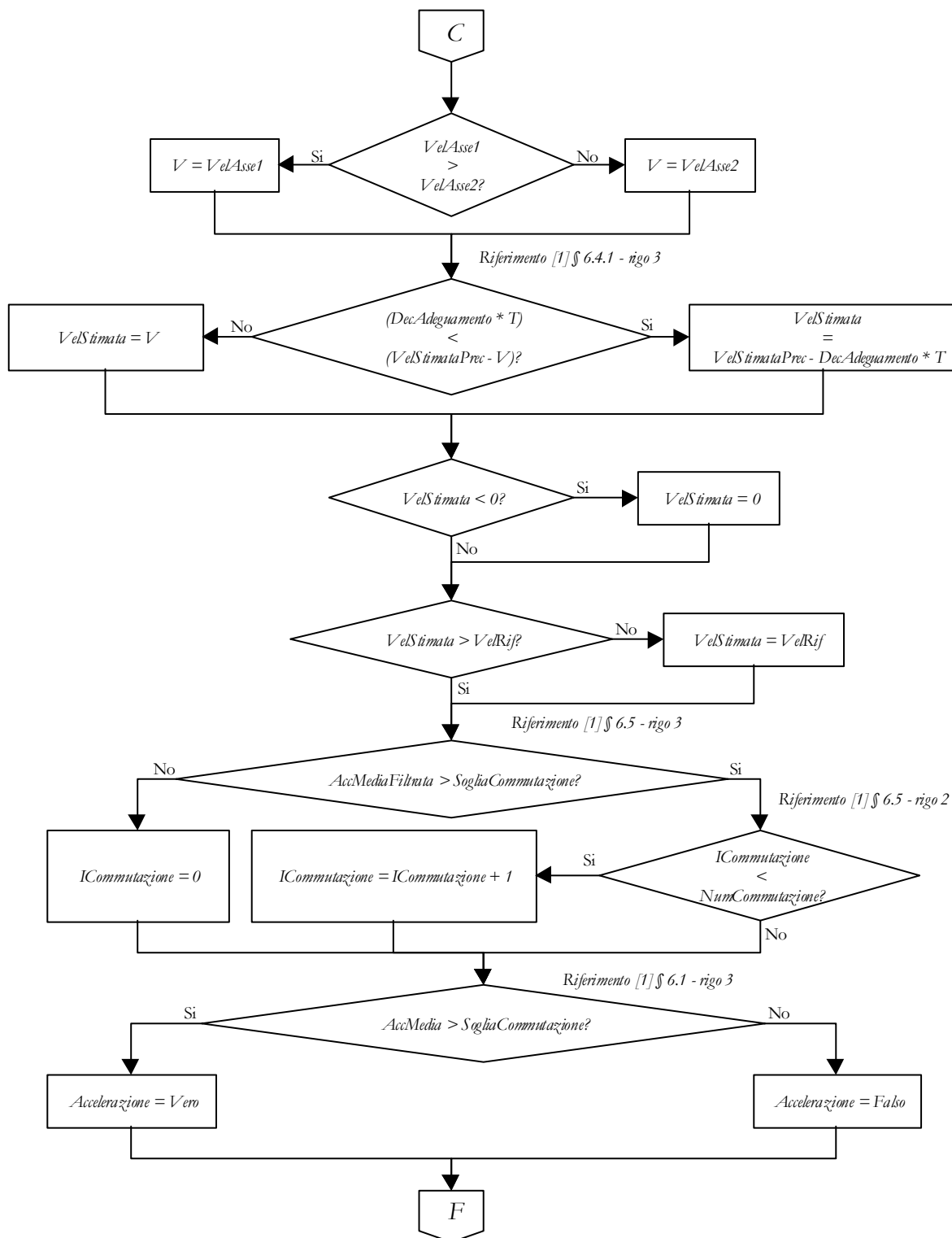


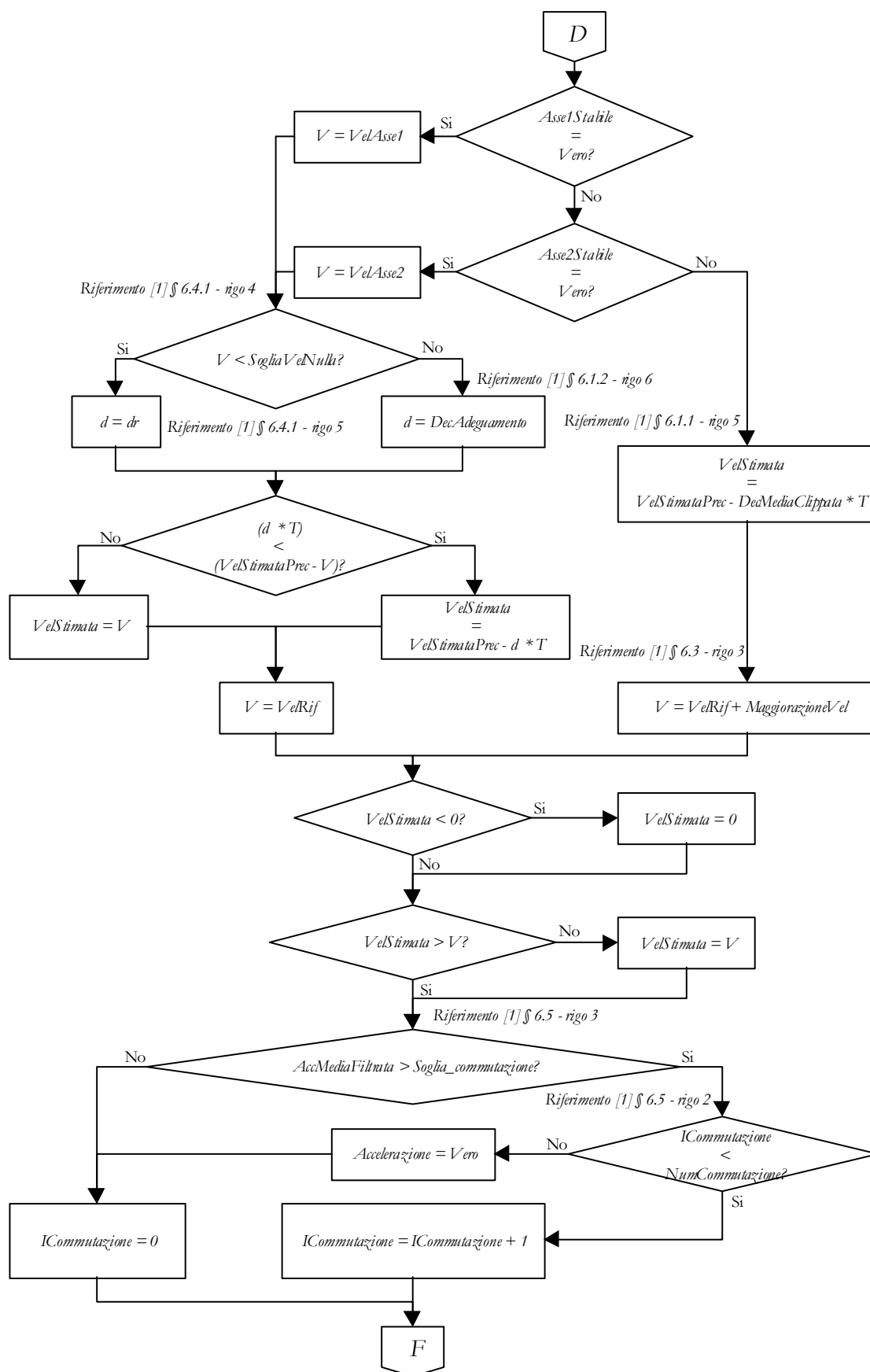
7.4.17 Elaborazione velocità stimata

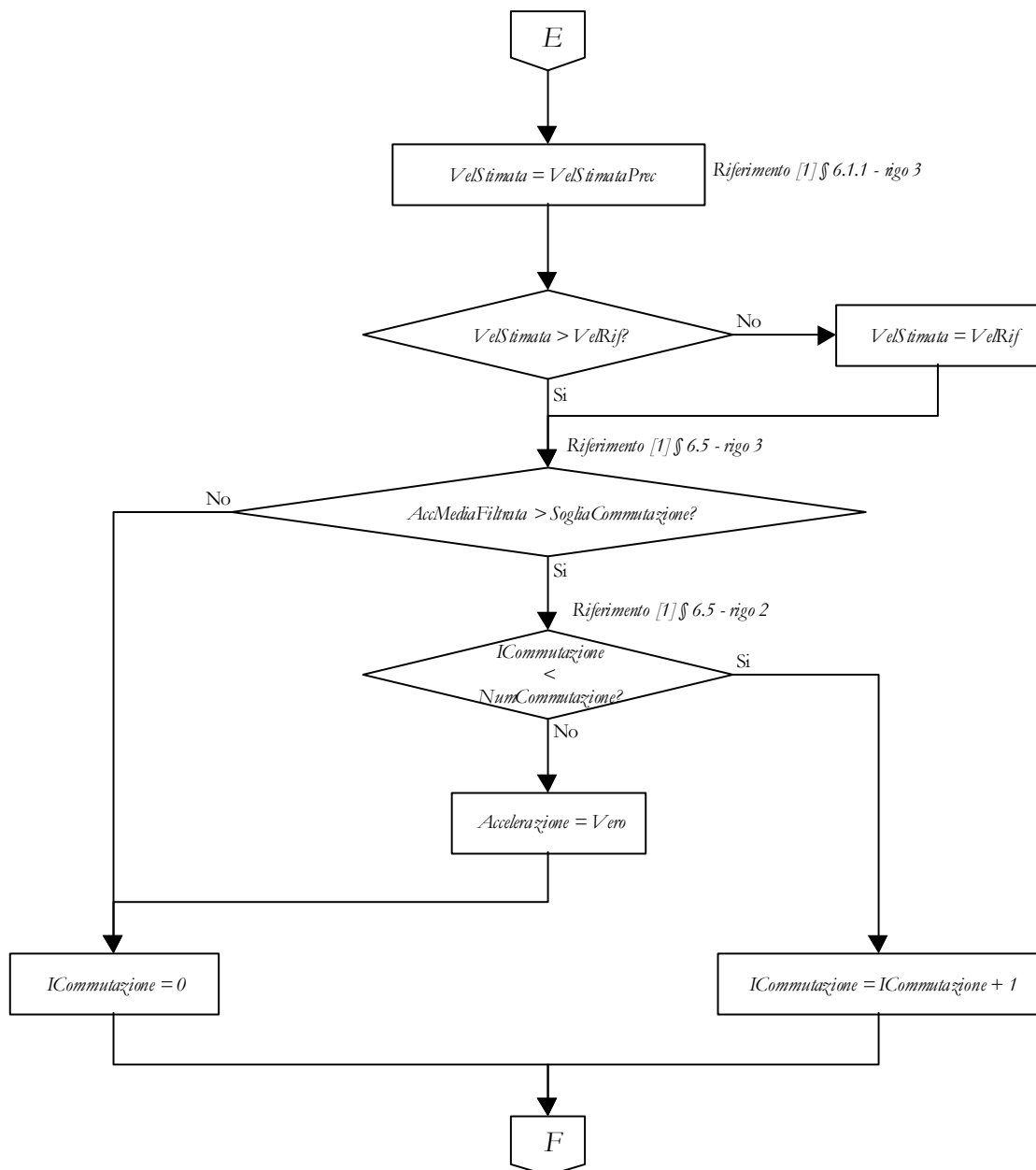




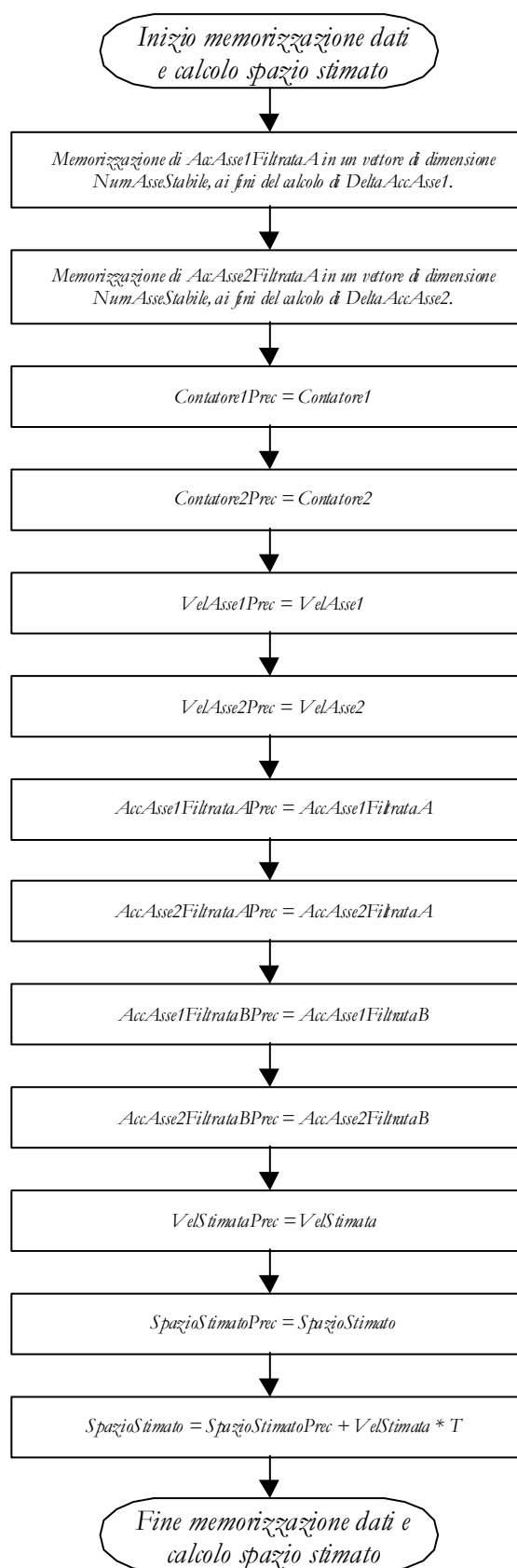








7.4.18 Memorizzazione dati e calcolo spazio stimato



8 Livello di Integrità della Sicurezza

In accordo con [3] e [5], il Livello di Integrità della Sicurezza richiesto per l'algoritmo oggetto della presente specifica deve essere pari a SIL2.

9 Progetto, implementazione, verifica e collaudo

Il progetto, l'implementazione, la verifica e il collaudo dell'Algoritmo di Odometria, nonché la relativa documentazione di supporto, devono corrispondere alle direttive contenute nella [4], relativamente al Livello di Integrità della Sicurezza richiesto.