

Frascati, September 11, 1992

Note: **DI-7**

Aggiornato al 07/06/1999

SISTEMA DI SICUREZZA DEL COMPLESSO DAΦNE

M. Vescovi, R. Clementi, M. Martinelli

Il sistema di sicurezza delle macchine acceleratrici del complesso DAΦNE descritto nel seguito, verrà realizzato nel rispetto delle indicazioni contenute nel documento "Criteri Generali per i Sistemi di Sicurezza Radiologici di DAΦNE" del 17/3/92, prot. 17760.

La logica che compone gli interlocks che bloccano le macchine è di tipo fail-safe a relay. Nessun interlock viene gestito esclusivamente da un computer (PC) o controllore programmabile (PLC) (**Allegato 1A-B-C: Architettura sistema sicurezze; e Schemi a blocchi**).

I vari relays sono installati su moduli, alloggiati in crates, i quali ne contengono un numero dipendente dallo standard impiegato e dalle esigenze. I crates sono posizionati nei pressi dell'edificio da controllare e vi fanno capo tutte le linee di sicurezza interessate (Ronda - Emergenze - Accessi ecc.). Su ognuno dei moduli ospitati nel crate sono posti dei LED indicanti lo stato di ogni linea di sicurezza ad esso connesso. Tutti i crates periferici confluiscono in un unico rack posto in prossimità della sala controllo.

Tutte le sicurezze sono realizzate in doppia linea separata.

Una linea indipendente è utilizzata per inviare informazioni ai PLC che, interfacciati con un PC, visualizzano, mediante un sinottico, lo stato generale delle sicurezze delle macchine.

Gli stessi PLC comandano le insegne luminose e le segnalazioni acustiche.

Il comando del movimento di apertura e chiusura delle porte schermanti è realizzato mediante PLC. I consensi sono comunque dati sia dalla logica a relays che dal PC del controllo accessi.

Il sistema di emergenze delle macchine è realizzato in doppia linea con pulsanti a fungo visibili al buio collegati in serie tra loro e ripristinabili solo in loco; una linea indipendente fa capo al sistema di PLC e permette di individuare il pulsante premuto e il luogo dove esso è posto (**Allegato 2A-B-C: Schema a blocchi emergenza macchina e Unità emergenza tunnel LINAC, Planimetria con dislocazione pulsanti**).

Quando un pulsante di emergenza viene premuto si spegne l'Alta Tensione del LINAC, scatta un segnale di allarme acustico in sala controllo e si rende necessaria la ronda nell'area in cui tale pulsante è situato.

Nel quadro di controllo del sistema di sicurezza delle macchine sono installati due contatori, uno per gli elettroni e l'altro per i positroni, per la registrazione della quantità di fascio accelerato.

Diagnostica

Lo stato dei canali di interlock, formati da microinterruttori e da relays, viene inviato tramite una interfaccia, ad un PLC di supervisione.

In caso di anomalia il PLC è in grado di discriminarne il tipo, segnalandolo immediatamente all'operatore.

Le macchine sono comunque sempre bloccate dal circuito di interlock in modo completamente indipendente.

CONFIGURAZIONI LINAC E MODO DI FUNZIONAMENTO DELLE MACCHINE

Sono individuate, ai fini della realizzazione della catena di sicurezze, quattro configurazioni di funzionamento:

- **LINAC;**
- **LINAC + B.T.F.;**
- **LINAC + D.R.;**
- **LINAC + D.R. + M.R.**

da non confondersi con il modo di funzionamento delle macchine.

Le quattro configurazioni di cui sopra sono tutte legate al LINAC, cioè alla sorgente dei fasci di particelle: qualora la catena di sicurezza non è completamente chiusa il funzionamento del LINAC è interdetto.

I modi di funzionamento del complesso DAΦNE non sono invece necessariamente legati al solo LINAC. In aggiunta alle quattro configurazioni sopra indicate, è previsto il funzionamento del M.R. con fascio accumulato. Qualsiasi tentativo di accesso in detta condizione, con l'eccezione di seguito prevista, provoca l'immediata distruzione del fascio accumulato.

Analogamente, quando l'arresto della macchina sia causato dagli interlocks che devono rendere inviolabile la sala del Damping Ring, verrà automaticamente distrutto l'eventuale fascio circolante in questa macchina.

Accessi eccezionali nel M.R. autorizzati dall'Esperto Qualificato⁽¹⁾ avvengono attraverso la porta principale utilizzando una chiave in dotazione all'Esperto Qualificato stesso. L'uso di tale chiave costituisce interlock provocando lo spegnimento del LINAC e delle linee di trasferimento senza la distruzione del fascio accumulato.

(1) Paragrafo 10-2-4 del Documento "Relazione tecnica relativa alla costruzione ed all'esercizio di un complesso di macchine acceleratrici denominato DAΦNE da utilizzare per ricerche scientifiche nei Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN":

SCHEMA DI PRINCIPIO DELLA RONDA

Il sistema di ronda consiste di un certo numero di pulsanti P da premere obbligatoriamente in sequenza (***Allegati 2A1-Linac, 2A2-Damping Ring, 2A3-Main Rings***).

Premendo il pulsante P1 di start si attiva il timer T1 che determina il tempo a disposizione per premere il pulsante successivo P2. Premendo il pulsante P2 si attiva il timer T2 che determina il tempo a disposizione per premere il pulsante successivo P3 e così via fino all'ultimo pulsante il quale attiva un timer che determina il tempo a disposizione per uscire, disabilitare il controllo accessi e chiudere l'area (***Allegato 3A***).

I relays dei moduli della ronda, così come tutti gli altri relays del sistema, lavorano in modo fail-safe, pertanto l'eventuale mancanza di alimentazione invalida la ronda.

Manovre effettuate oltre i tempi impostati sui timer invalidano la ronda e pulsanti premuti in sequenza diversa da quella prestabilita non danno il consenso di ronda.

La procedura di ingresso semplificato⁽²⁾ prevede la possibilità di evitare l'effettuazione della ronda. In questo caso una chiave di sblocco mantiene il relay R6 eccitato. Detta chiave, tramite saldatura, è resa inseparabile dalla chiave di accensione del LINAC.

Per completare e facilitare il sistema di ronda sono resi luminosi in sequenza gli stessi pulsanti; è inoltre installato un sistema di telecamere, collegato con la sala di controllo, in grado di coprire l'area compresa tra due pulsanti consecutivi.

PORTE SCHERMANTI, PORTE ANTIPANICO E CANCELLI DEL COMPLESSO DAΦNE

LINAC

Nell'edificio LINAC esistono due porte schermanti. Quella principale, posta all'ingresso del tunnel del LINAC, ha un sistema di controllo accessi a scheda magnetica personalizzata, l'altra, situata in fondo al tunnel del LINAC è dotata di porta con maniglione antipanico (azionabile solo dall'interno) per uscita d'emergenza (***Allegato 4***).

Le due porte schermanti e la porta antipanico sono controllate da μ switches. Le porte schermanti hanno, all'interno del tunnel del LINAC, un pulsante di apertura d'emergenza, per la principale ve ne è uno anche all'esterno (***Allegato 5A-B***).

La sequenza d'apertura impone che se non è aperta la porta schermante dotata di maniglione antipanico non si può aprire la porta schermante principale (cioè quella d'ingresso).

⁽²⁾ Paragrafo 8-1-2, ultimo comma del Documento "Relazione tecnica relativa alla costruzione ed all'esercizio di un complesso di macchine acceleratrici denominato DAΦNE da utilizzare per ricerche scientifiche nei Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN".

Damping Ring

Vale quanto detto per il LINAC, in quanto anche questo edificio ha due ingressi. Su uno, quello principale, è installato un controllo accessi a scheda magnetica personalizzata e sull'altro è installata una porta schermante dotata di maniglione antipanico per uscita di emergenza.

Main Ring

Nell'edificio Main Ring ci sono tre porte schermanti una, la principale, al piano Sala Controllo, le altre due, dotate di porta con maniglione antipanico azionabile solo dall'interno, sono site al piano Macchina.

Sulla porta principale (quella d'ingresso) è posto il sistema controllo accessi a scheda magnetica personalizzata.

Le porte schermanti e le antipanico sono controllate da μ switches.

Accanto ad ogni porta schermante, all'interno del M.R., è posto un pulsante di apertura d'emergenza, per la principale ve ne è uno anche all'esterno.

La sequenza d'apertura impone che se non sono aperte le porte schermanti con maniglione antipanico non si può aprire la porta schermante principale (cioè quella d'ingresso).

Cancelli

Due cancelli sono posti nell'area Damping Ring, uno per l'accesso alla zona contenente parte della transfer-line LINAC-D.R., l'altro per accedere alla zona superiore su cui sono posti gli alimentatori delle transfer lines. Questi cancelli costituiscono interlock sull'Alta Tensione del LINAC e se aperti determinano la condizione di ronda dell'area/aree violata/e.

Per quanto riguarda gli ingressi a tutte le zone ed i cunicoli intorno al Main Ring ed al Damping Ring, poiché ne è vietato l'accesso nelle fasi di Iniezione e Fascio Accumulato, le chiavi di apertura sono custodite in un apposito pannello situato nel rack delle sicurezze in sala controllo. L'estrazione di una delle chiavi provoca lo spegnimento del LINAC ed in casi particolari la distruzione del fascio accumulato.

Nell'**Allegato 5A-B** sono mostrati gli schemi di collegamento dei μ -switches di segnalazione effettiva chiusura di porte schermanti, porte antipanico e cancelli.

Tutti gli ingressi principali sono dotati di un interfono e di un impianto T.V. a circuito chiuso collegati con la sala di controllo.

BEAM STOPPERS DEL COMPLESSO DAΦNE (*Allegato 6*)

Nella parte finale del LINAC, sulle transfer lines, sono posti n° 3 beam-stoppers le cui combinazioni di apertura e chiusura contribuiscono a rendere possibile l'accesso in sicurezza nelle varie zone.

	B.S.1	B.S.2	B.S.3
LINAC	OUT	IN	IN
LINAC - B.T.F.	IN	IN	OUT
LINAC - D.R.	OUT	IN	IN
LINAC - D.R.- M.R.	OUT	OUT	IN

Sulle transfer lines vi sono delle valvole da vuoto di tipo elettropneumatico che seguono la stessa logica di apertura (out) e di chiusura (in) degli stessi beam stoppers in funzione delle varie fasi di funzionamento.

I comandi dei beam stoppers e delle valvole pneumatiche sono gestiti da PLC, i contatti indicanti la posizione degli stessi (in/out) sono posti direttamente sulla catena delle sicurezze di macchina.

SCHEMA GENERALE SICUREZZE DAΦNE

La scelta del tipo di funzionamento, ai fini delle sicurezze, avviene tramite un commutatore a quattro posizioni (*Allegato 7: Schema generale*).

Partendo dall'inizio della catena comune si descrivono in sequenza i vari interlocks che agiscono sull'Alta Tensione del LINAC, sui Triggers dello stesso e degli elementi pulsati, ai quali, per i modi di funzionamento, andranno aggiunti di volta in volta gli interlocks delle aree interessate.

Interlocks comuni alle quattro fasi di funzionamento

emergenze danno interlock se premute, facendo cadere contemporaneamente la randa dell'area interessata;

chiave alta tensione LINAC agisce sulla predisposizione all'alta tensione del LINAC ed è estraibile dalla sua sede soltanto in posizione di tensione ai controlli (off); dà interlock se estratta o se in posizione di off.

cancelli trasporto D.R. comprendono i due cancelli dell'area pozzo spegnimento LINAC; danno interlock se aperti e se la relativa chiave è fuori sede;

randa area di trasporto LINAC-D.R. "cade" quando vengono aperti i cancelli trasporto D.R.; dà interlock se cade o se non correttamente ripristinata;

controllo accessi D.R. dà interlock quando è abilitato e qualora la somma algebrica degli ingressi e delle uscite non sia zero;

porta antipanico D.R. dà interlock se aperta;

ronda D.R. da interlock se cade o non correttamente ripristinata;

porta schermante D.R. da interlock se aperta;

ventilazione LINAC e controllo gas dà interlock se il/i flow switch nel condotto di ventilazione non segnala/segnalano flusso di aria;

ronda area di trasporto M.R. "cade" quando le fotocellule poste all'inizio del canale segnalano la violazione della zona di trasporto verso il M.R., dà interlock se cade o se non correttamente ripristinata; il ripristino deve avvenire prima della ronda TUNNEL LINAC;

controllo accessi LINAC dà interlock quando è abilitato a permettere l'accesso nel Tunnel del LINAC e quando la somma algebrica ingressi-uscite è diversa da zero;

porta antipanico LINAC dà interlock se aperta;

ronda LINAC "cade" (passa cioè dalla condizione di consenso al funzionamento a quella di blocco) quando viene abilitato il sistema controllo accessi LINAC e quando vengono aperte le porte schermanti o la porta antipanico LINAC; dà interlock se cade o se non correttamente ripristinata;

porte schermanti LINAC comprendono la porta schermante principale e la porta schermante d'emergenza; danno interlock se aperte;

camere a ionizzazione esterne (B.T.F., D.R., M.R. KLOE) danno interlock se la dose di radiazione supera un valore prefissato;

ronda D.R. dà interlock se cade o non correttamente ripristinata;

Interlocks che intervengono in configurazione di funzionamento LINAC e LINAC+B.T.F.:

beam stopper 2 (BS2) e valvola pneumatica M.R. devono essere chiusi;

camera a ionizzazione Transfer LinesD.R. dà interlock se la dose di radiazione, all'interno del D.R., supera un valore prefissato;

camera a ionizzazione Transfer lines-M.R. dà interlock se la dose di radiazione, all'interno del M.R., supera un valore prefissato;

trasporto D.R. elementi magnetici del trasporto al D.R. non spenti: dà interlock;

trasporto M.R. elementi magnetici del trasporto al M.R. non spenti: dà interlock.

Interlocks che intervengono in configurazione di funzionamento LINAC:

beam stopper 3 (BS3) e valvola pneumatica B.T.F. devono essere chiusi;

trasporto B.T.F. elementi magnetici del trasporto al B.T.F. non spenti danno interlock;

beam stopper 1 (BS1) e valvola pneumatica LINAC devono essere aperti;

Interlocks che intervengono in configurazione di funzionamento LINAC + B.T.F.:

intensità di fascio > 1000 elettroni/sec. un apposito misuratore dà segnale se l'intensità degli elettroni è maggiore di 10^3 al secondo: tale segnale costituisce interlock con inserzione immediata del BS3;

cancello gabbia B.T.F. dà interlock se aperto e se la relativa chiave è fuori sede;

beam stopper 3 (BS3) e valvola pneumatica B.T.F. devono essere aperti;

beam stopper 1 (BS1) e valvola pneumatica LINAC devono essere chiusi.

ronda interno gabbia B.T.F. dà interlock se cade o non correttamente ripristinata;

Interlocks che intervengono in configurazione di funzionamento LINAC+D.R. e LINAC+D.R.+M.R.:

trasporto B.T.F. elementi magnetici del trasporto al B.T.F. non spenti: dà interlock;

beam stopper 1 (B.S.1) e valvola pneumatica LINAC devono essere aperti;

beam stopper 3 (BS3) e valvola pneumatica B.T.F. devono essere chiusi;

Interlocks che intervengono in configurazione di funzionamento LINAC + D.R. + M.R.:

porte e cancelli cunicolo M.R. allo stato attuale si individuano tre ingressi al cunicolo M.R., essi sono protetti da cancelli che se aperti costituiscono interlock. Le chiavi dei suddetti cancelli se estratte danno interlock con blocco LINAC e distruzione fascio accumulato;

controllo accessi M.R. dà interlock quando è abilitato a permettere l'accesso nell'edificio M.R. e quando la somma algebrica ingressi-uscite è diversa da zero;

porte schermanti M.R. comprendono la porta schermante principale e le due porte schermanti d'emergenza; danno interlock se aperte;

porte antipanico M.R. comprendono le porte antipanico annesse alle porte schermanti d'emergenza; danno interlock se aperte;

ronda M.R. "cade" quando viene abilitato il sistema controllo accessi M.R. e quando vengono aperte le porte schermanti o le porte antipanico M.R.; dà interlock se cade o se non correttamente ripristinata;

cancelli KLOE allo stato attuale si individuano 3 cancelli per accedere all'esperimento, uno all'interno macchina, un altro all'esterno macchina (per accedere anche alla parte superiore dell'esperimento) ed un altro infine per la buca (livello-1); tali cancelli se aperti danno interlock;

cancelli FINUDA per accedere alla buca FINUDA vi è un cancello che se aperto dà interlock;

ronde KLOE e FINUDA "cadono" quando viene aperto uno qualsiasi dei cancelli delle zone; danno interlock se cadono o se non correttamente ripristinate;

beam stopper 2 (BS2) e valvola pneumatica M.R. devono essere aperti.

chiave accessi eccezionali autorizzati se inserita da interlock.

soglia vacuometro D.R. e M.R. costituisce interlock qualora la pressione all'interno della camera da vuoto D.R. e M.R. superi 10^{-6} Torr;

Interlocks che intervengono in configurazione di funzionamento LINAC + D.R.:

beam stopper 2 (BS2) e valvola pneumatica M.R. devono essere chiusi;

camera a ionizzazione Transfer lines-M.R. dà interlock se la dose di radiazione, all'interno dell'edificio M.R., supera un valore prefissato;

trasporto M.R. elementi magnetici del trasporto al M.R. non spenti danno interlock.

soglia vacuometro D.R., costituisce interlock qualora la pressione all'interno della camera da vuoto D.R. e M.R. superi 10^{-6} Torr;

Sono inoltre inseriti degli interlocks sul trigger del gun che intervengono se le correnti dei magneti di iniezione sono fuori range, in quanto ciò può provocare perdite di fascio eccessive.

QUADRI LUMINOSI, LAMPADE DI SEGNALAZIONE E SEGNALAZIONI ACUSTICHE (Alegato 8)

Quadri luminosi

Quadri luminosi, indicanti lo stato di funzionamento delle Macchine, sono posti all'ingresso del LINAC, all'ingresso ed all'interno del D.R., all'interno del B.T.F., all'ingresso ed all'interno del M.R., in Sala Modulatori (uno all'inizio, l'altro alla fine) ed all'ingresso della Sala Controllo.

Analoghe segnalazioni sono riportate negli edifici limitrofi adibiti a Sala Controllo e/o assemblaggio degli apparati sperimentali.

Su una riga di ciascun quadro comparirà, quando richiesto, la scritta "OBBLIGO DOSIMETRO INDIVIDUALE" oppure altra scritta similare.

I quadri luminosi sono gestiti da PLC.

Segnalazioni acustiche

All'interno del LINAC, M.R, D.R., B.T.F. e Sala Modulatori sono poste delle campane (o sirene) che emettono una segnalazione acustica, della durata di 60 secondi, quando il LINAC è in posizione di pronto.

La segnalazione acustica interessa gli edifici dove le macchine sono in funzione.

Altri segnali acustici vengono emessi alla predisposizione di chiusura delle porte schermanti principali (LINAC, M.R, D.R.) e le porte stesse non possono essere chiuse finché il segnale acustico non cessa.

Le segnalazioni acustiche sono gestite da PLC.

Lampade di segnalazione

Sala Modulatori e tunnel del LINAC sono installate delle lampade che sono di colore verde ad apparecchiature spente (Tensione ai Controlli), rosso lampeggiante in condizione di pronto e rosso fisso con i modulatori in A.T..

Edifici B.T.F. e D.R. sono installate delle lampade che sono di colore verde con il LINAC in Tensione ai Controlli, rosso lampeggiante con il LINAC in condizioni di pronto e rosso fisso in condizioni di Fascio Accelerato.

Edificio M.R. sono installate delle lampade che sono di colore verde con il LINAC in Tensione ai Controlli, rosso lampeggiante con il LINAC in condizioni di pronto e rosso fisso in condizioni di Fascio Accelerato e Fascio Accumulato.

Transfer lines sono installate delle lampade che sono di colore verde con il LINAC in Tensione ai Controlli, rosso lampeggiante con il LINAC in condizioni di pronto e rosso fisso in condizioni di Fascio Accelerato.

Le condizioni di pericolo sono visualizzate con lampade rosso lampeggiante o rosso fisso soltanto negli edifici dove le macchine sono in funzione.

In configurazione di funzionamento LINAC + D.R. per esempio, le lampade sono rosse solo negli edifici LINAC, sala modulatori, D.R. e nelle transfer lines interessate mentre negli edifici B.T.F. e Main Ring le lampade rimangono verdi (a meno che nel M.R. non ci sia Fascio Accumulato).

Le lampade di segnalazione sono gestite da PLC.

APPARECCHIATURE RADIOGENE AUSILIARIE SULLE MACCHINE ACCELERATRICI

Tutte le zone in cui sono installate apparecchiature radiogene ausiliarie quali RF (cavità e generatori) sono delimitate ed interdette al personale durante il loro funzionamento.

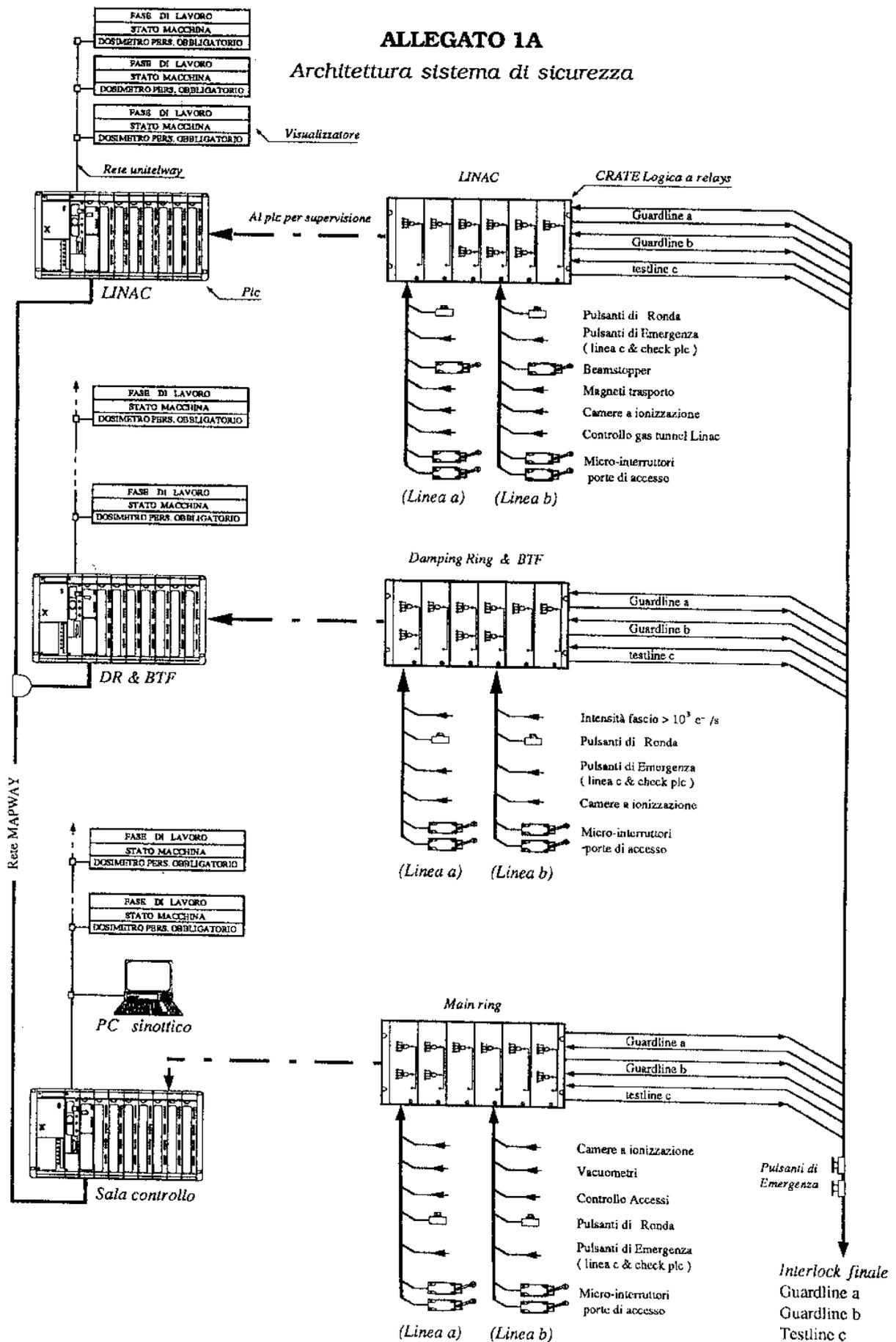
Gli accessi a tali aree costituiscono interlock per le apparecchiature stesse.

In Sala Modulatori, dove sono installati i klystrons, tutte le porte antipánico verso l'esterno sono controllate attraverso microswitches; l'apertura di una di esse provoca lo spegnimento dell'Alta Tensione dei klystrons.

Vi sono inoltre due cancelli, controllati anche essi con dei microswitches, la cui apertura se comandata dalla sala di controllo permette l'accesso al solo personale autorizzato senza spegnimento alcuno.

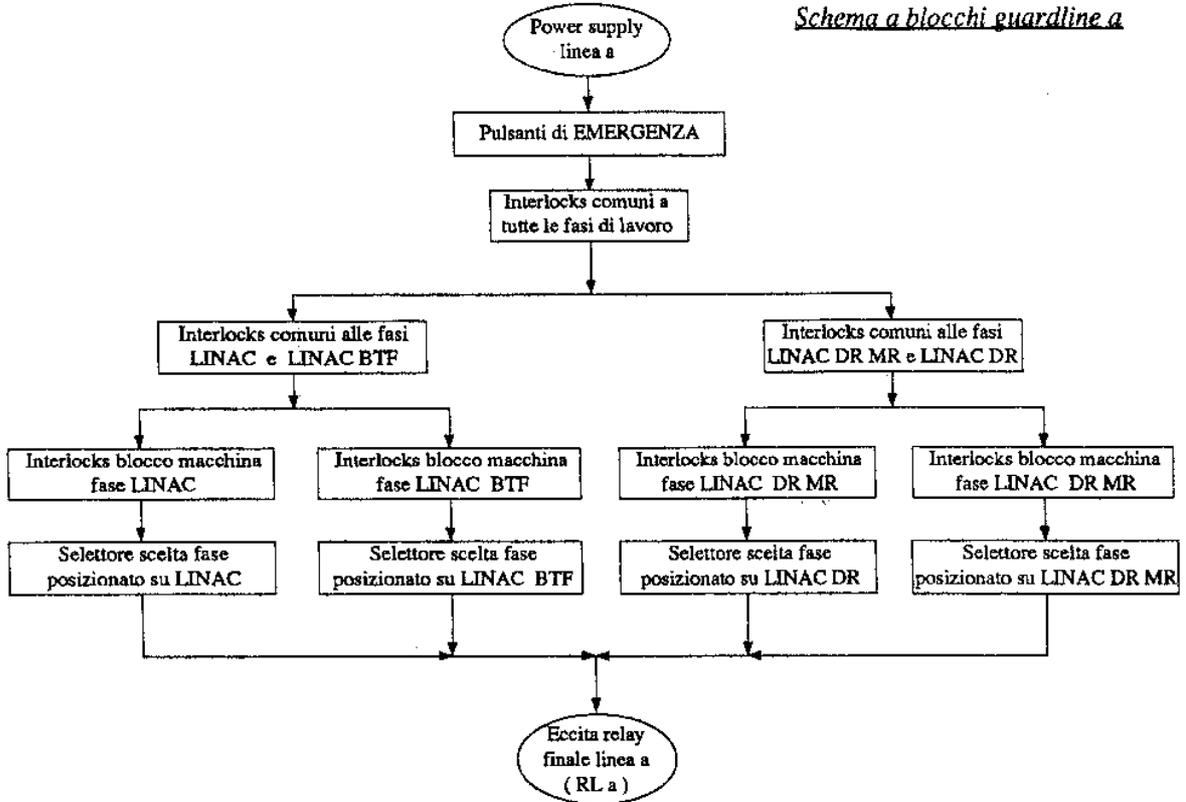
ALLEGATO 1A

Architettura sistema di sicurezza

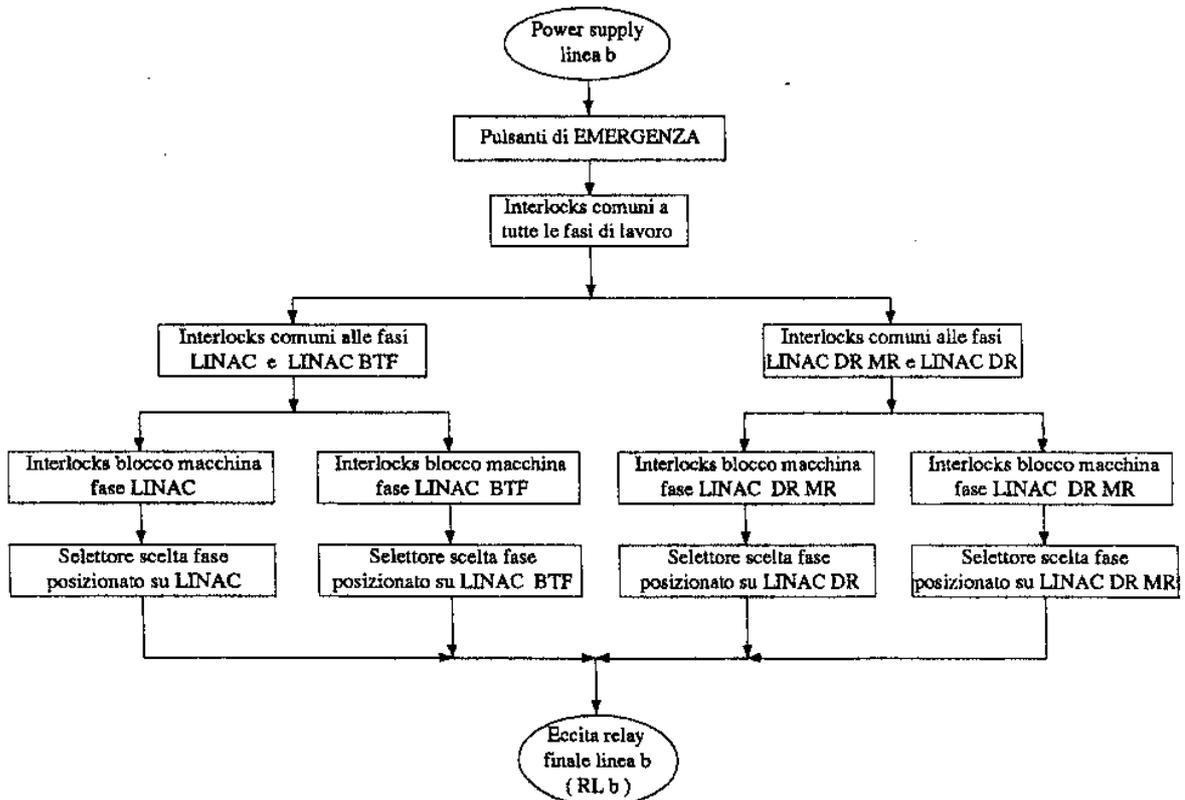


ALLEGATO 1B

Schema a blocchi guardline a) e b)

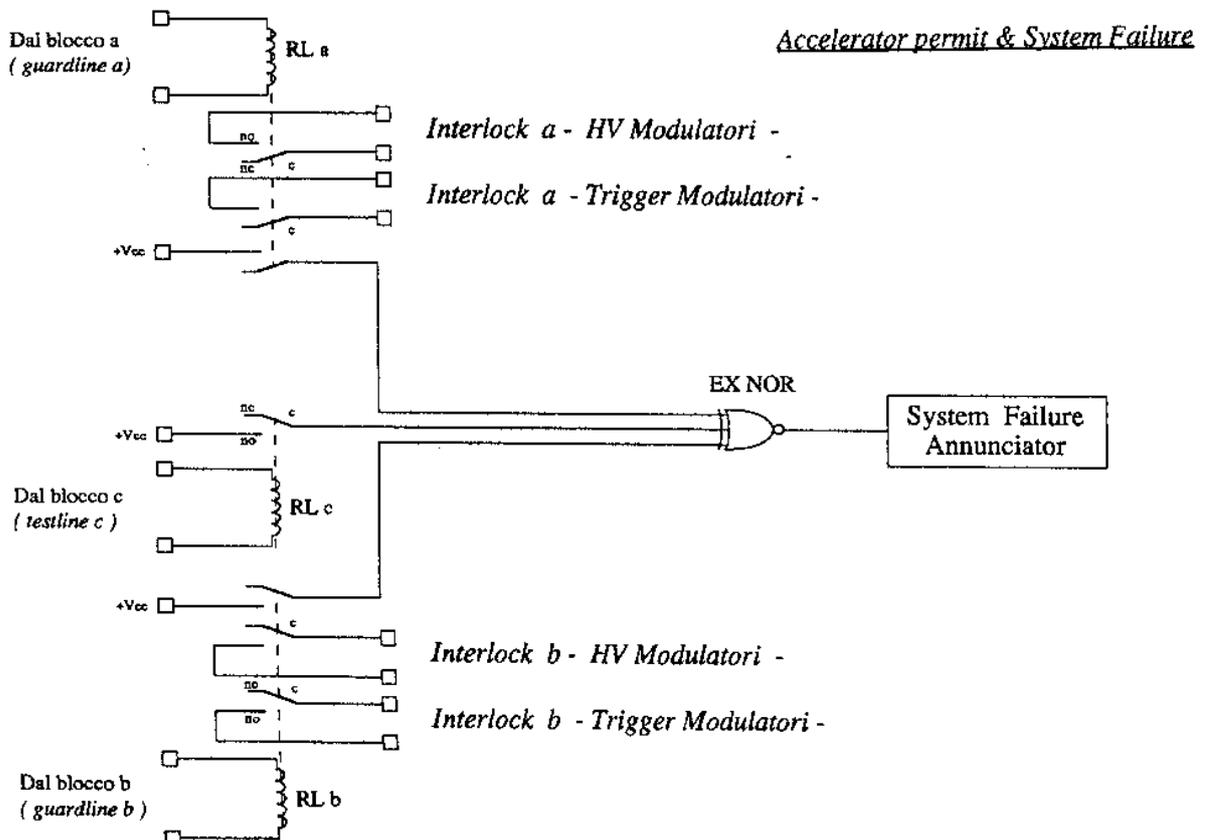
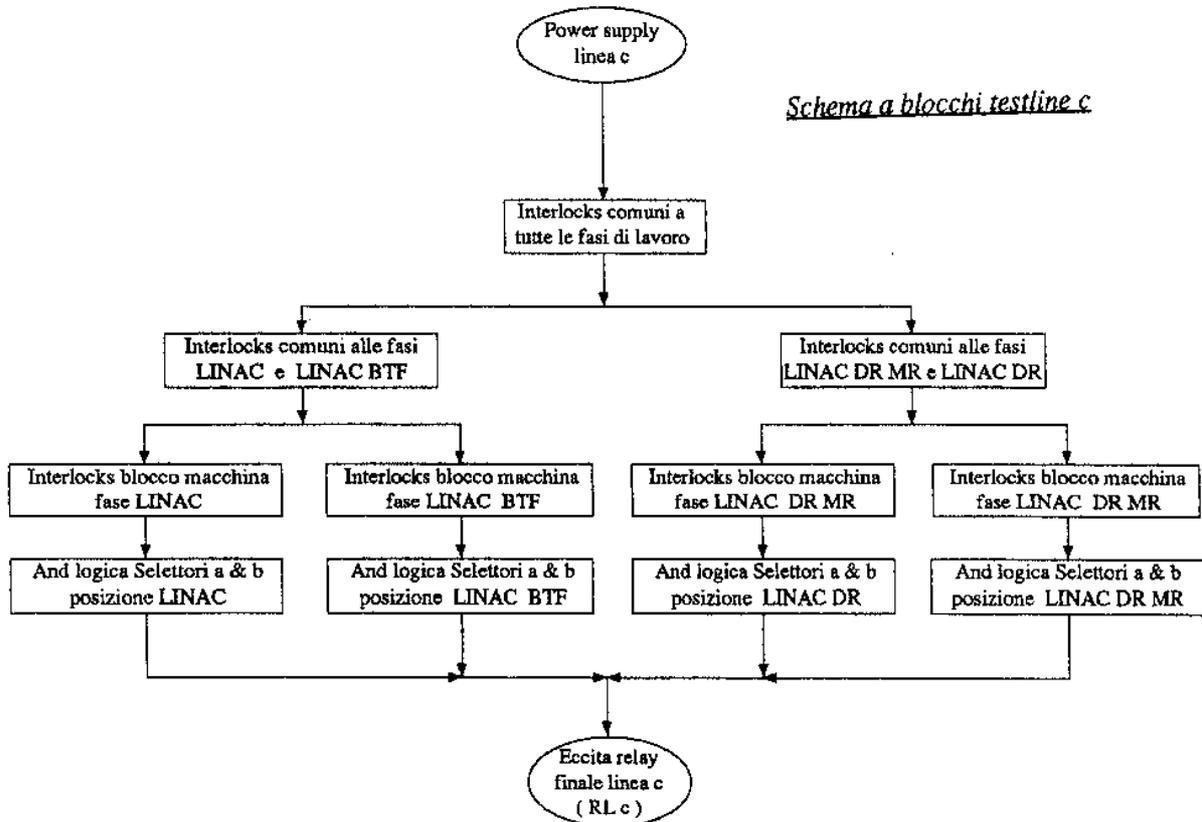


Schema a blocchi guardline b



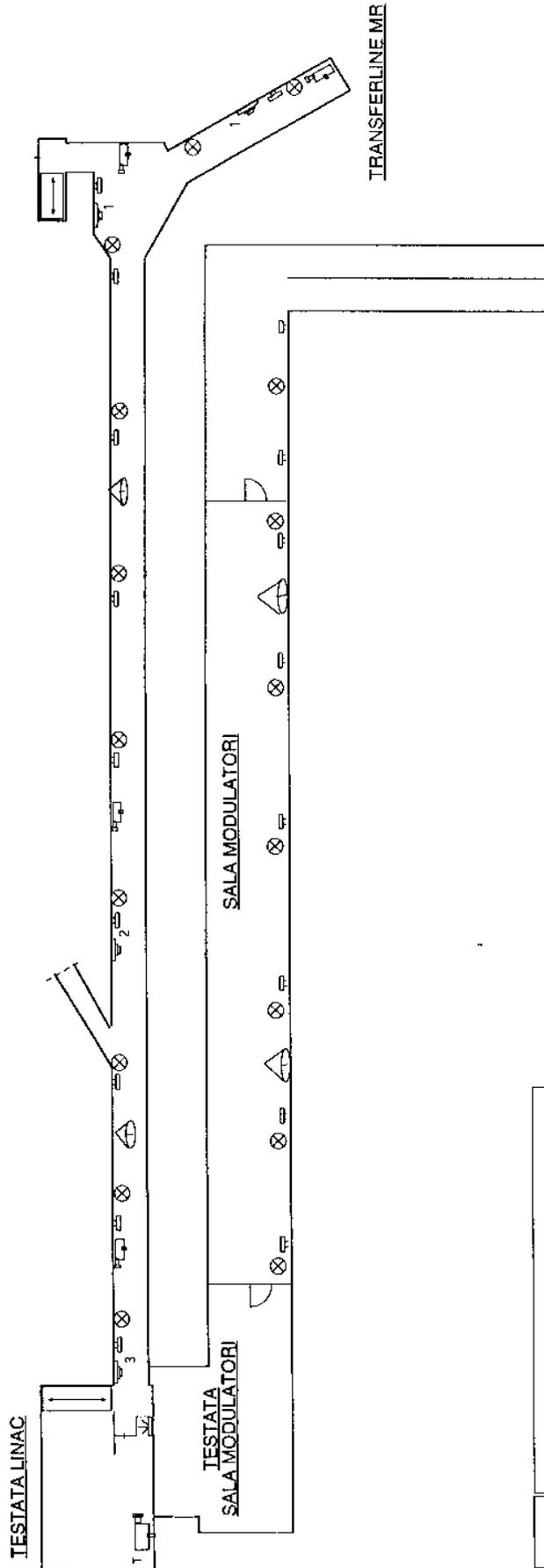
ALLEGATO 1C

Pulsanti di ronda ed emergenza, quadri di segnalazione, lampade,



ALLEGATO 2A1

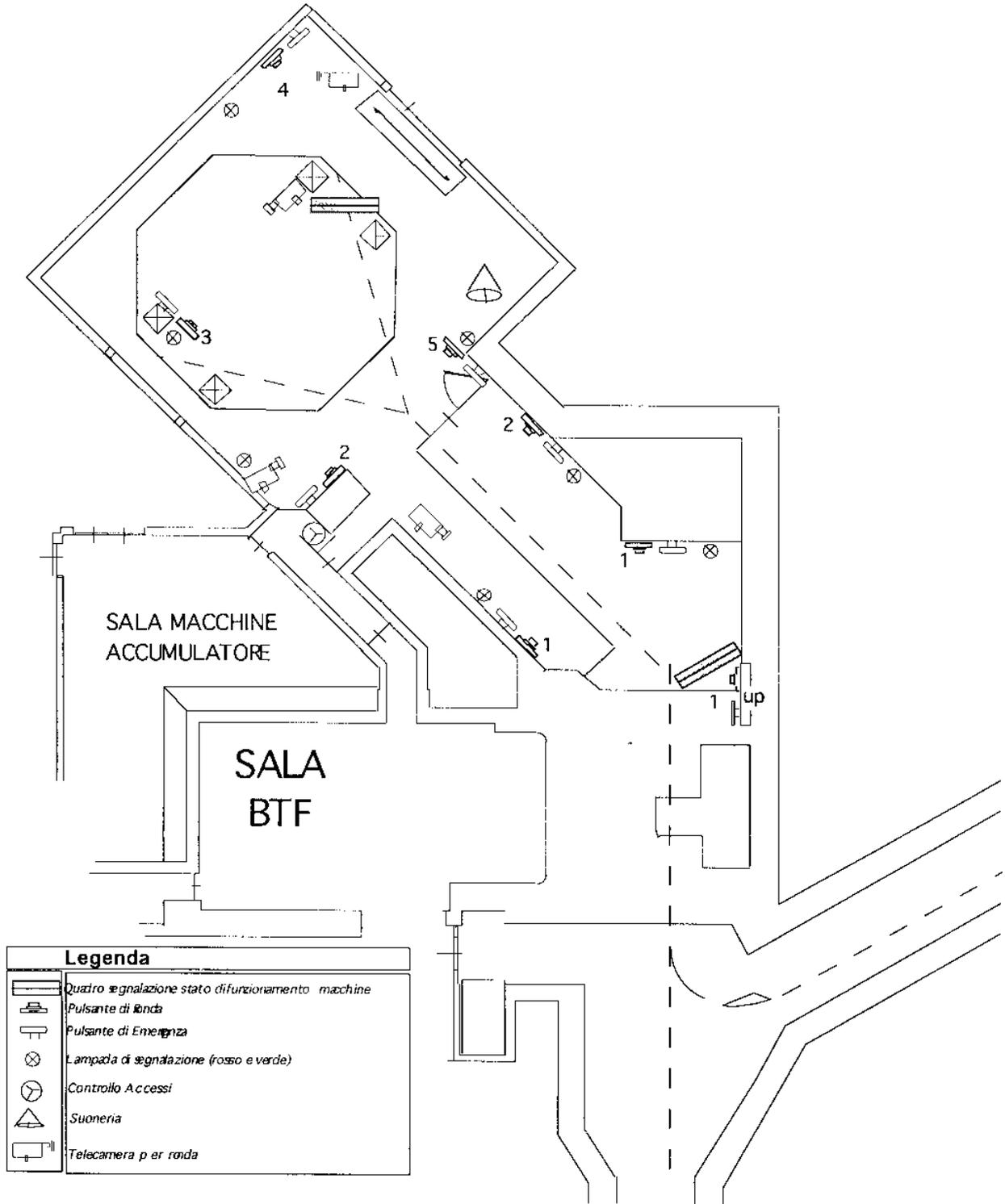
*Planimetria Tunnel Linac & Sala Modulatori
Pulsanti di Ronda ed emergenza, Telecamere,
lampade segnalazione (rosso e verde) e
segnalazioni acustiche*



Legenda	
	Telecamera
	Pulsante di ronda
	Pulsante di emergenza
	Lampada di segnalazione (rosso e verde)
	Controllo Accessi
	Suoneria

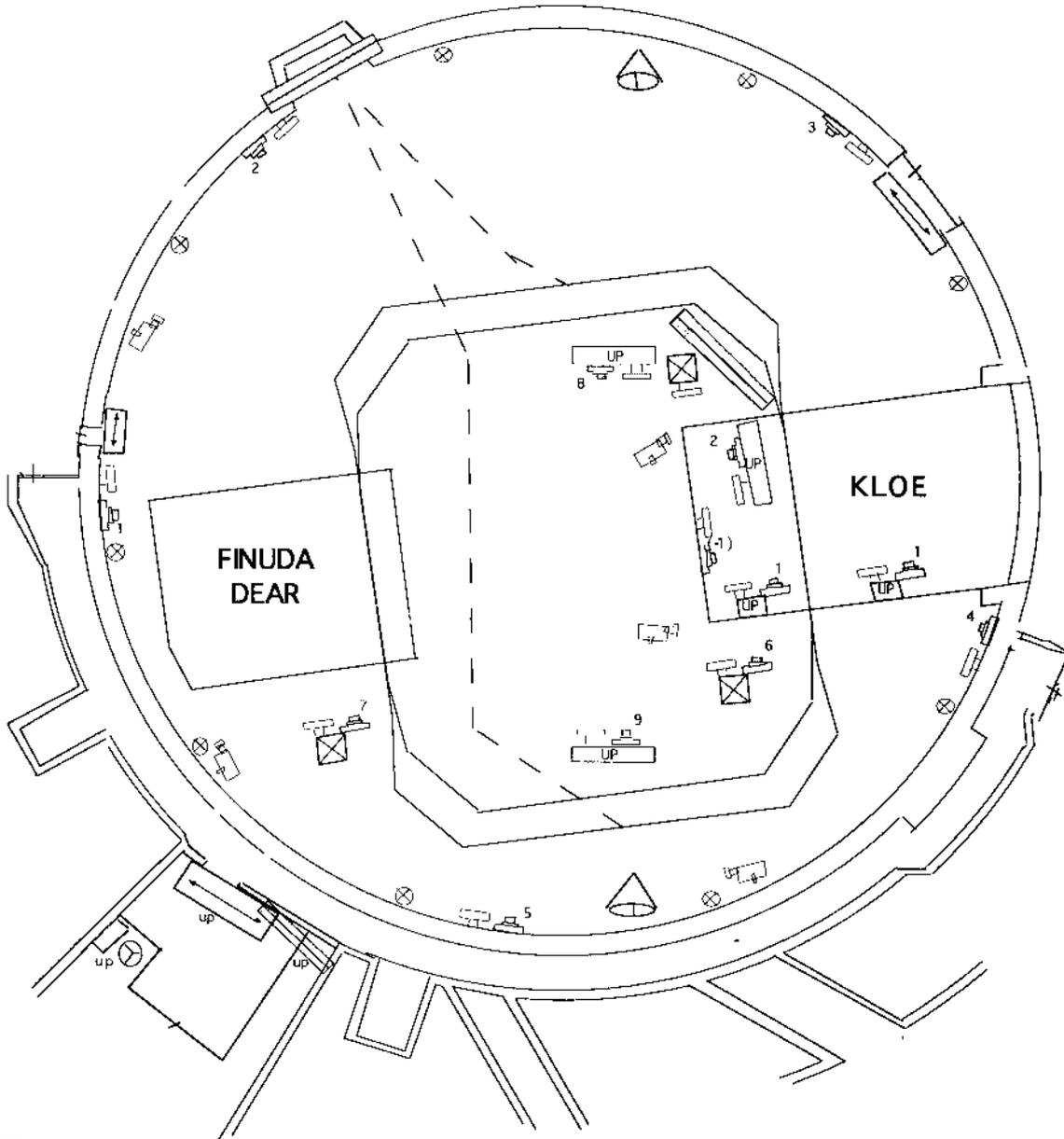
ALLEGATO 2A2

Pulsanti di ronda ed emergenza, quadri di segnalazione, lampade, telecamere e segnalazioni acustiche area Accumulatore



ALLEGATO 2A3

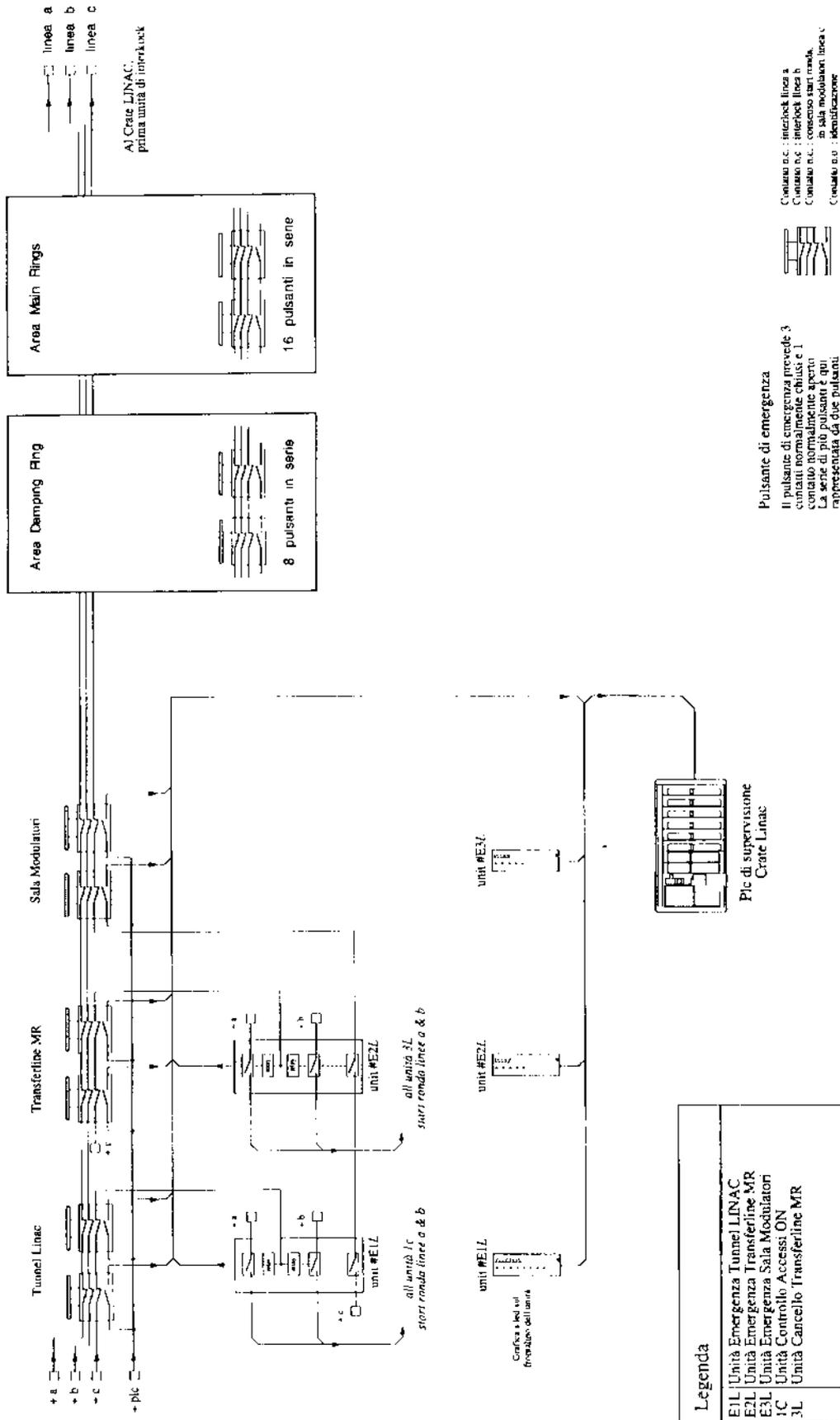
Pulsanti di ronda ed emergenza, quadri di segnalazione, lampade, telecamere e segnalazioni acustiche area DAΦNE



Legenda	
	Quadri segnalazione stato funzionamento macchine
	Pulsanti Ronda
	Pulsanti emergenza
	Lampade segnalazione (rosso e verde)
	Telecamere per ronda
	Controlli accessi
	Suoneria

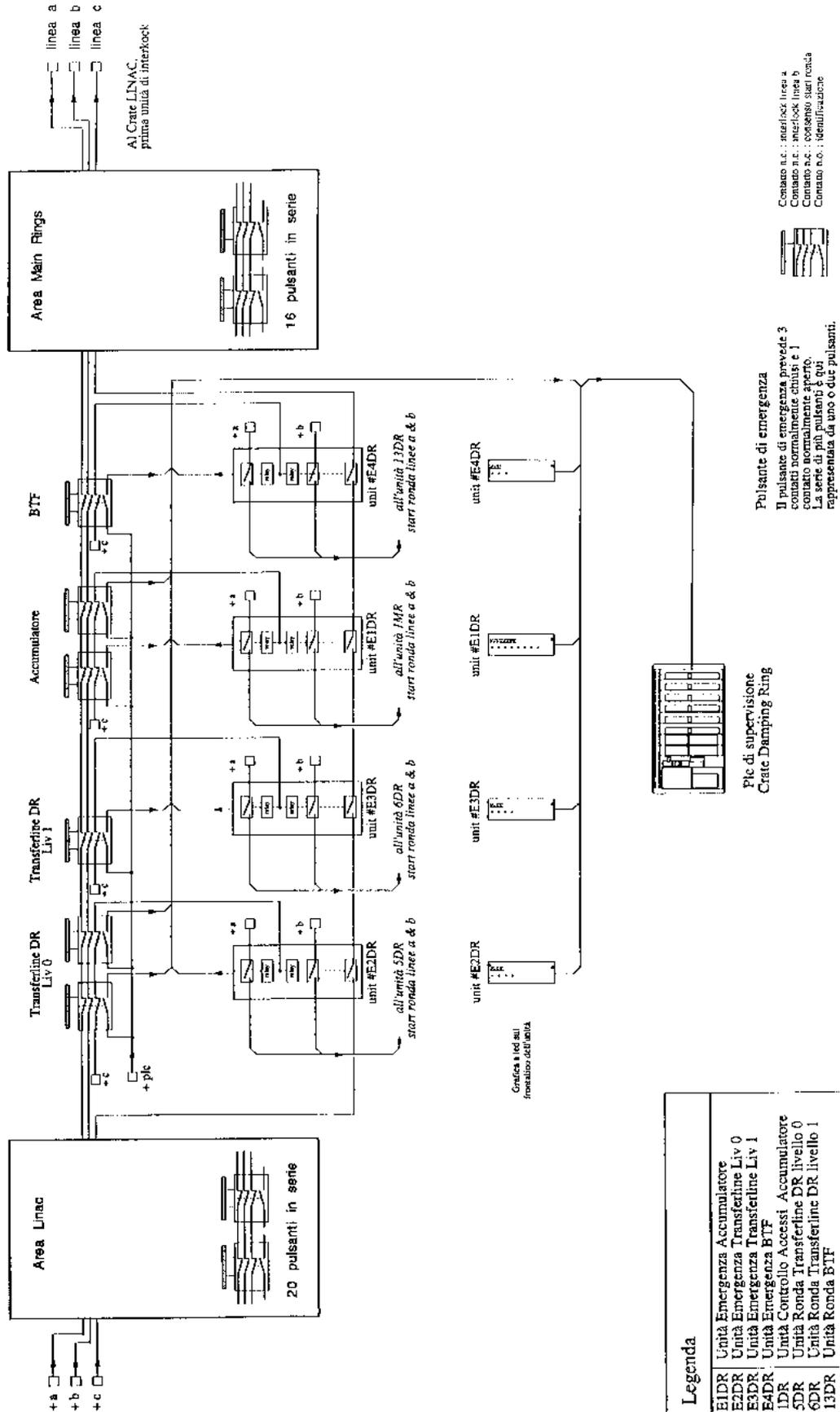
ALLEGATO 2C

Schema a blocchi - Emergenze macchina area LINAC



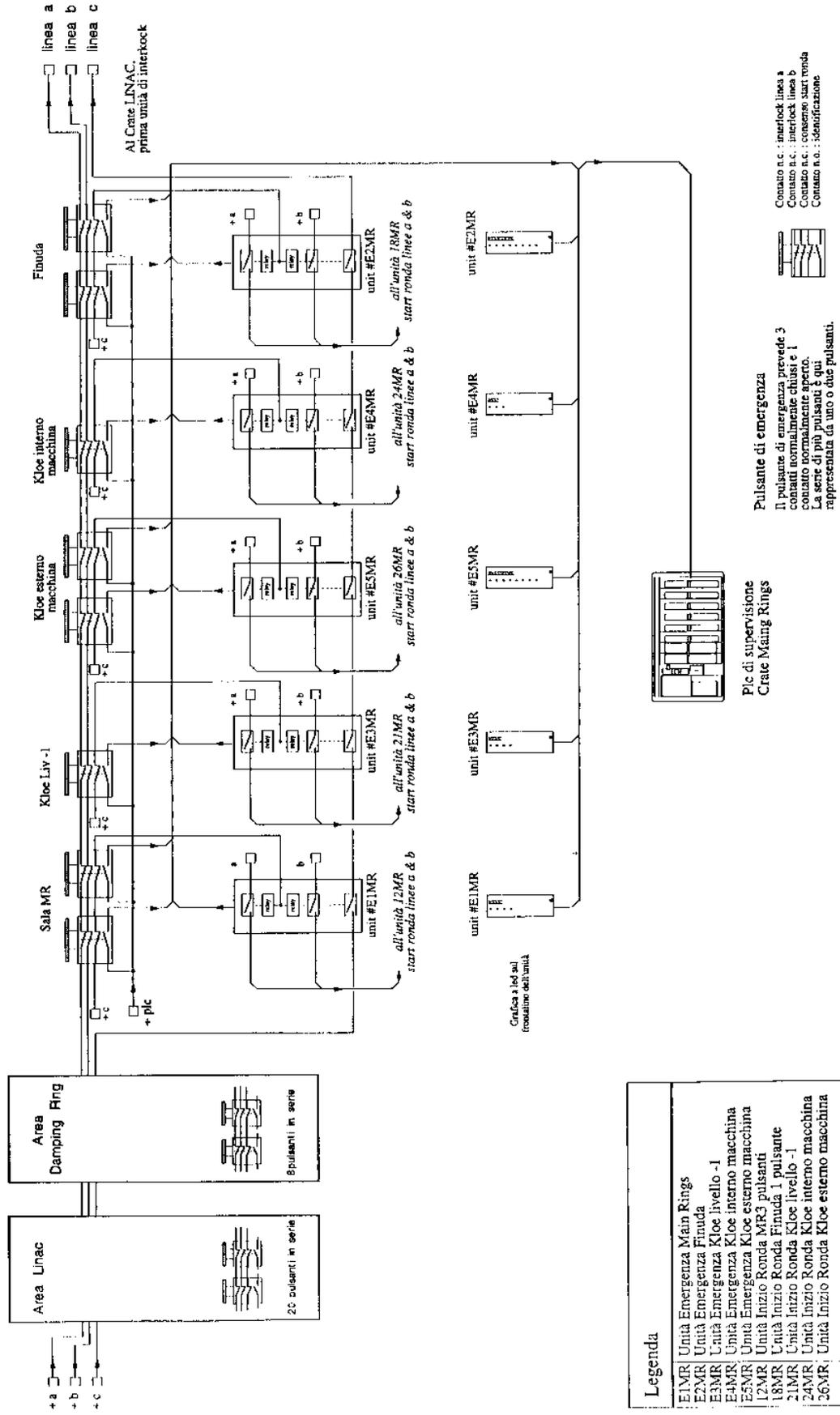
ALLEGATO 2C

Schema a blocchi - Emergenze macchina area Damping Ring



ALLEGATO 2C

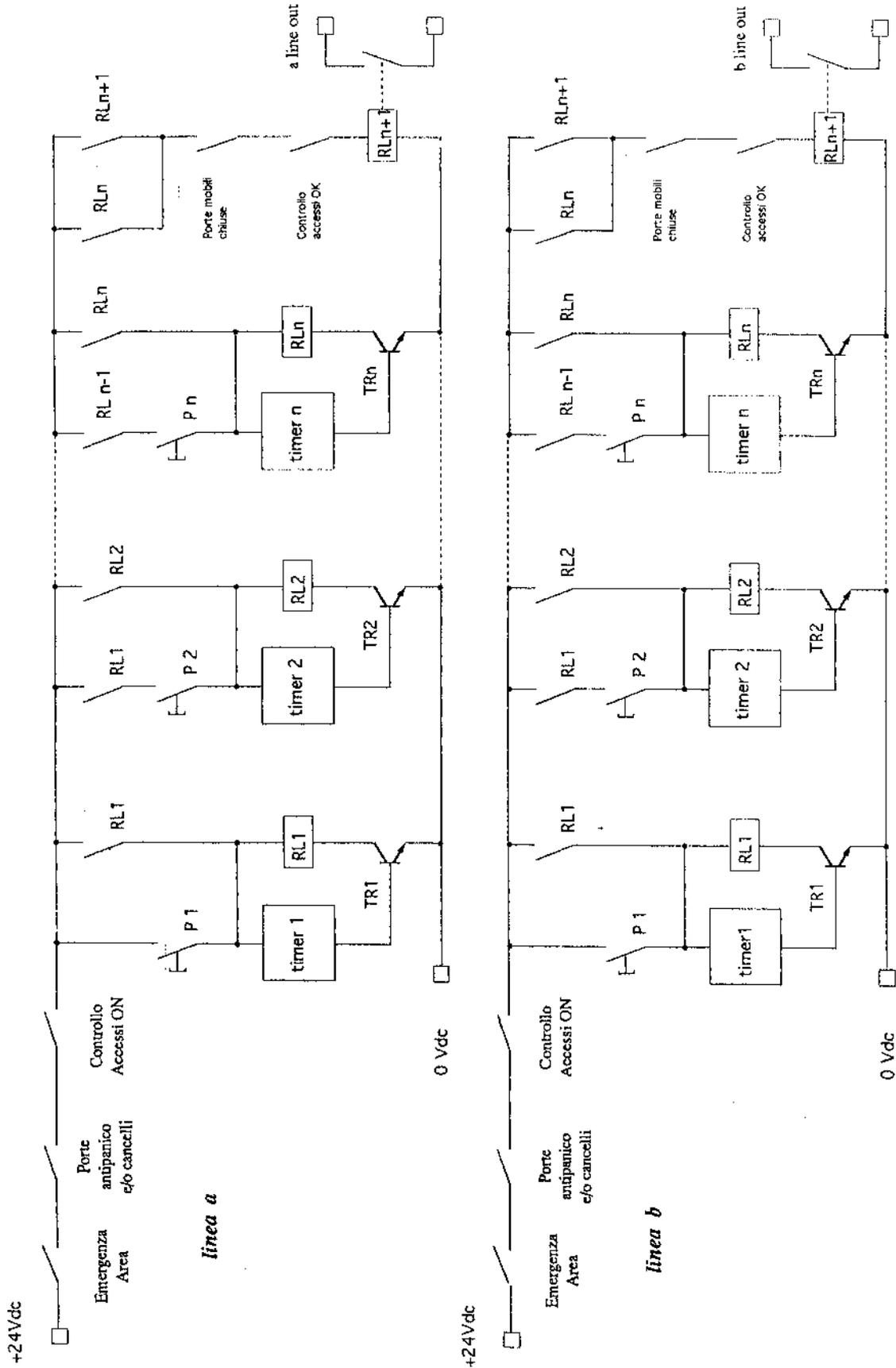
Schema a blocchi - Emergenze macchina area Main Rings



Legenda	
E1MR	Unità Emergenza Main Rings
E2MR	Unità Emergenza Finuda
E3MR	Unità Emergenza Kloe livello -1
E4MR	Unità Emergenza Kloe interno macchina
E5MR	Unità Emergenza Kloe esterno macchina
E6MR	Unità Emergenza Kloe MR3 pulsanti
12MR	Unità Inizio Ronda Finuda 1 pulsante
18MR	Unità Inizio Ronda Finuda 1 pulsante
21MR	Unità Inizio Ronda Kloe livello -1
24MR	Unità Inizio Ronda Kloe interno macchina
26MR	Unità Inizio Ronda Kloe esterno macchina

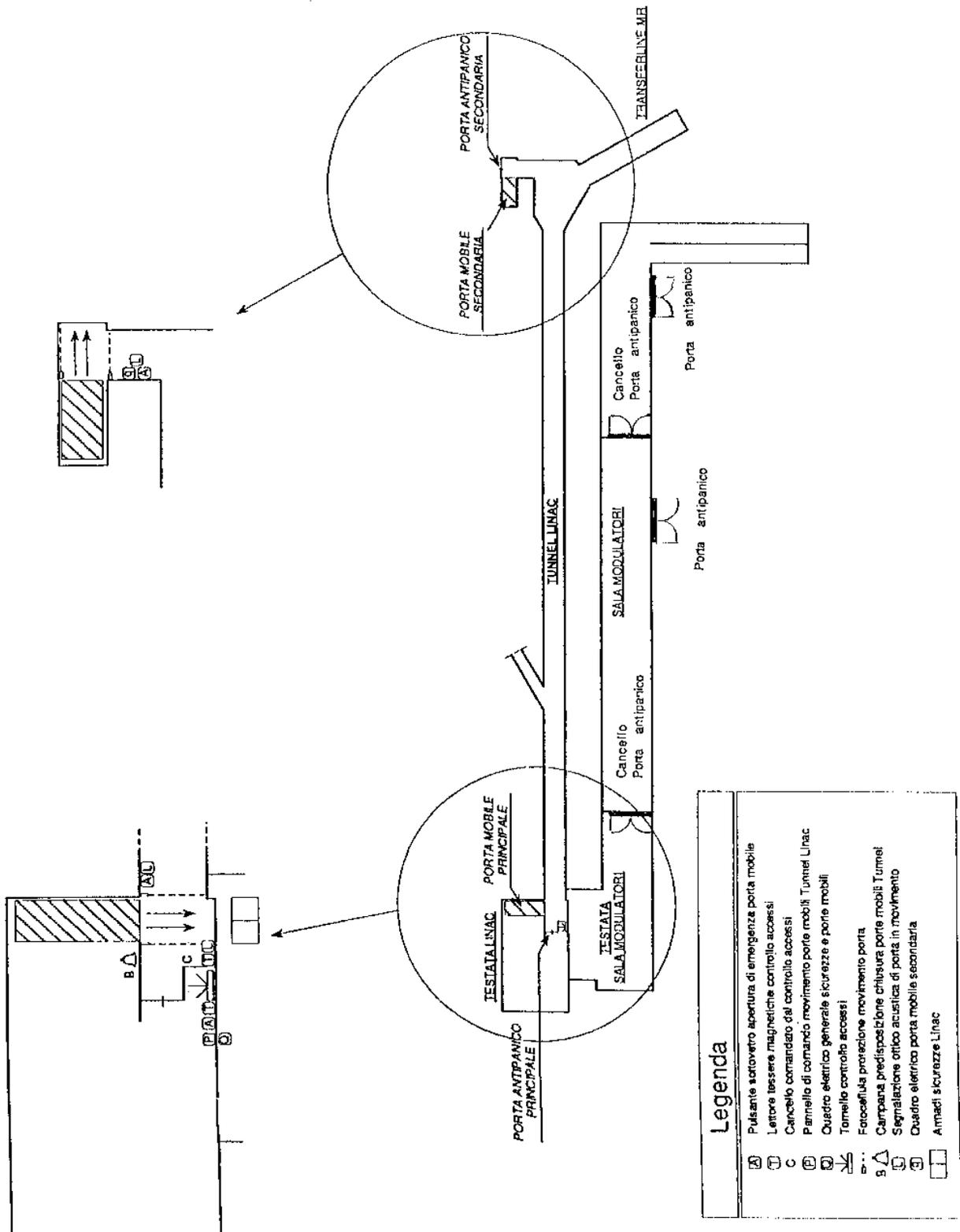
ALLEGATO 3A

Schema - Ronda



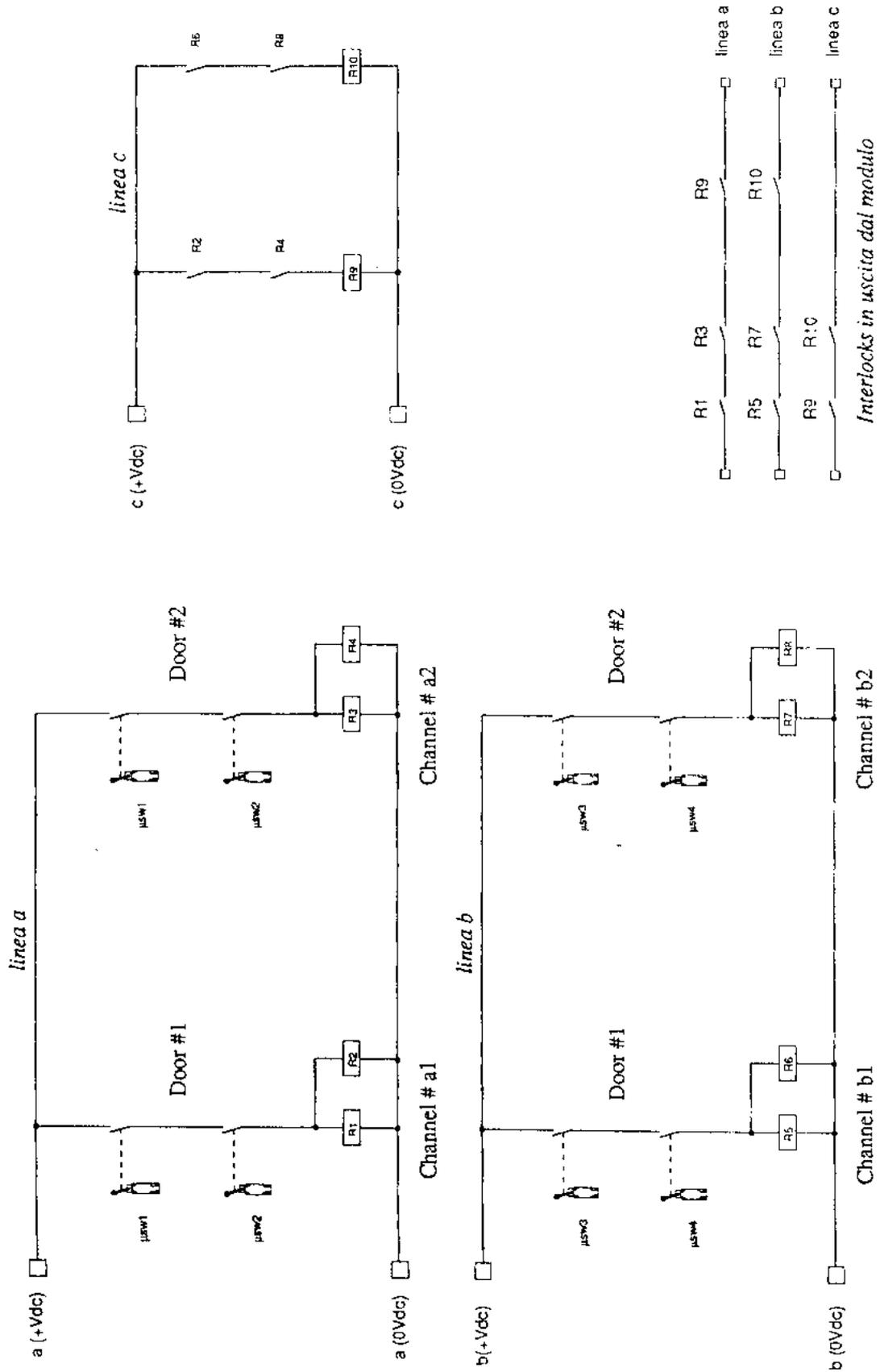
ALLEGATO 4

Planimetria Tunnel LINAC e Sala Modulatori - Porte mobili e Porte antipanico



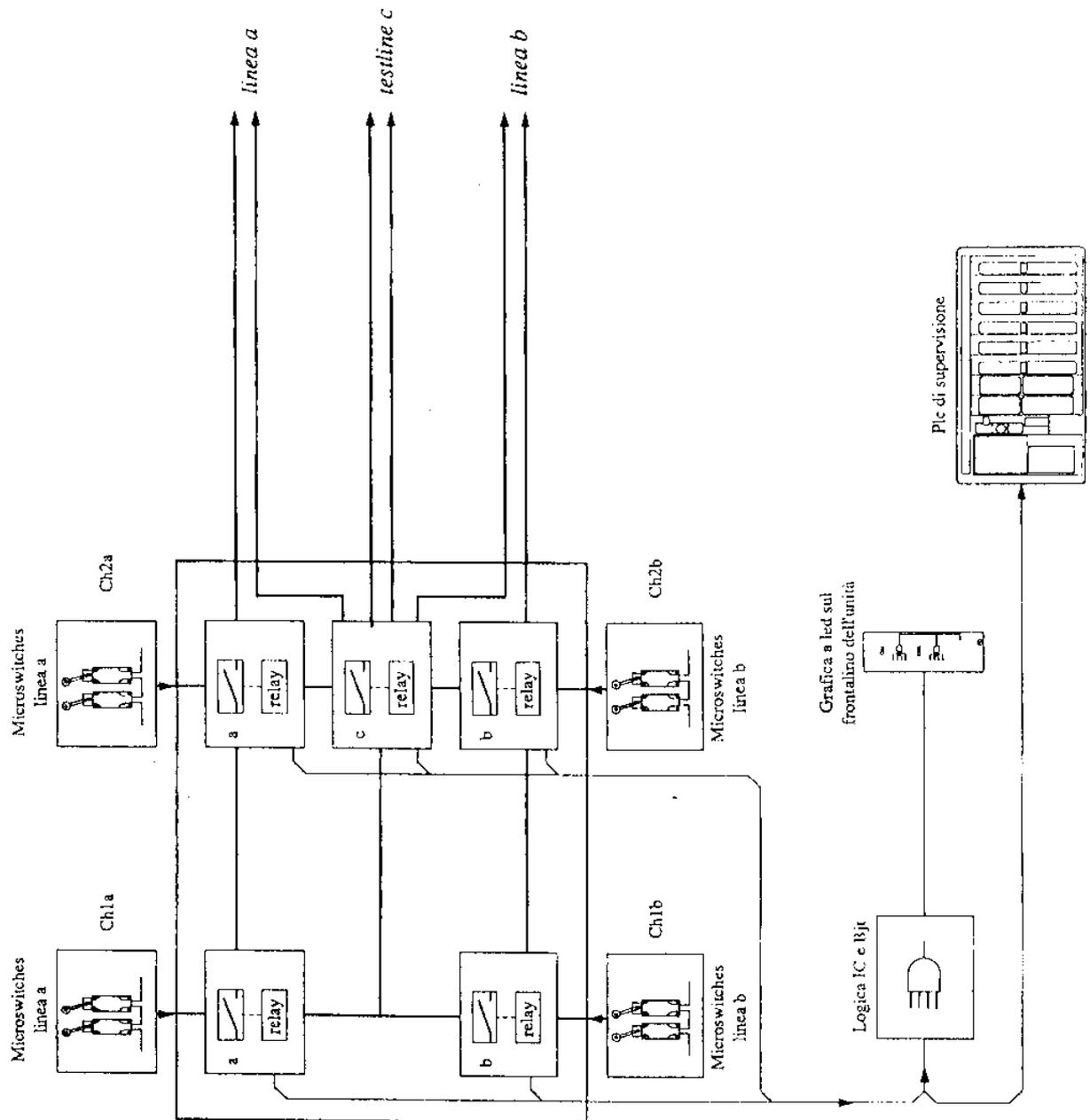
ALLEGATO 5A

Schema (unit #1) due canali di interlock



ALLEGATO 5B

Schema a blocchi - Unità canale doppio di interlock



ALLEGATO 7

Schema generale di funzionamento (interlocks)

