



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102001900966059
Data Deposito	26/10/2001
Data Pubblicazione	26/04/2003

Priorità	09/702,921
Nazione Priorità	US
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
E	21	B		

Titolo

PROCEDIMENTO ED APPARECCHIATURA PER IL MONITORAGGIO E LA REGISTRAZIONE DELLA CONDIZIONE DI FUNZIONAMENTO DI UNA PUNTA DA PERFORAZIONE "DOWNHOLE" DURANTE OPERAZIONI DI TRIVELLAZIONE.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"Procedimento ed apparecchiatura per il monitoraggio e la registrazione della condizione di funzionamento di una punta da perforazione "downhole" durante operazioni di trivellazione"

di: BAKER HUGHES INCORPORATED, nazionalità statunitense, 3900 Essex Lane, Suite 1200, Houston, Texas 77210-4740 (Stati Uniti d'America)

Inventori designati: Eric Charles SULLIVAN; Theodore Edward ZALESKI, Jr.; Scott Ray SCHMIDT; Don Quy NGUYEN; Glenn R. ZADRAPA, Timothy K. MARVEL; Daniel E. RUFF.

Depositata il: 26 ottobre 2001

TO 2001 A00 102 6

DESCRIZIONE

SFONDO DELL'INVENZIONE

1. Campo dell'invenzione

La presente domanda si riferisce in generale ad operazioni di trivellazione per petrolio e per gas, ed in particolare ad un procedimento e ad un'apparecchiatura perfezionati per il monitoraggio delle condizioni operative di una punta da perforazione downhole durante operazioni di trivellazione.

2. Descrizione della tecnica nota

L'industria di estrazione del petrolio e del gas spende somme notevoli per la progettazione di

utensili di trivellazione, quali punte da perforazione downhole includenti punte da perforazione della roccia a rulli conici e punte da perforazione a frese fisse che hanno vite utili relativamente lunghe, con guasti relativamente poco frequenti. In particolare, vengono spese somme notevoli per la progettazione e la produzione di punte da perforazione della roccia a rulli conici e punte a frese fisse in una maniera che riduce al minimo le probabilità di rotture catastrofiche della punta durante operazioni di trivellazione. La perdita di un cono o di un elemento fresante sinterizzato durante le operazioni di trivellazione può compromettere le operazioni di trivellazione e rendere necessarie operazioni di ripescaggio relativamente dispendiose. Se le operazioni di ripescaggio non hanno successo, occorre effettuare operazioni di trivellazione laterali al fine di trivellare attorno alla porzione del foro di scavo che include i così o gli elementi sinterizzati persi. Solitamente, durante le operazioni di trivellazione, le punte vengono estratte e sostituite con nuove punte nonostante il fatto che si potrebbe ottenere ancora una vita utile significativa dalla punta sostituita. Queste sostituzioni premature delle punte da perforazione

downhole sono costose, poiché ciascuna fase di estrazione dal foro di scavo prolunga complessivamente l'attività di trivellazione, e comporta un consumo notevole di manodopera, ma vengono ciononostante effettuate al fine di evitare le operazioni molto più dannose e costose di ripescaggio e di trivellazione laterale che si rendono necessarie se uno o più coni o elementi sinterizzati vengono perduti a causa di una rottura della punta.

SINTESI DELL'INVENZIONE

La presente invenzione è diretta ad un procedimento e ad un'apparecchiatura di tipo perfezionato per il monitoraggio e la registrazione di condizioni operative di una punta da perforazione downhole durante operazioni di trivellazione. L'invenzione può alternativamente essere caratterizzata sia come (1) una punta da perforazione downhole perfezionata, o (2) un procedimento per l'esecuzione di operazioni di trivellazione in un foro di scavo e per il monitoraggio di almeno una condizione operativa di una punta da perforazione downhole durante operazioni di trivellazione in un foro di scavo, o (3) un procedimento per la produzione di una punta da perforazione downhole perfezionata.

Quando è caratterizzata come punta da perforazione downhole perfezionata, la presente invenzione include (1) un gruppo comprendente almeno una punta da perforazione, (2) un elemento di accoppiamento formato in una porzione superiore del gruppo, (3) almeno un sensore di condizioni operative portato dalla punta da perforazione downhole perfezionata per monitorare almeno una condizione operativa durante operazioni di trivellazione, e (4) almeno una memoria elettronica o a semiconduttori localizzata nel gruppo e portata da questo, per registrare in memoria dati pertinenti alla almeno una condizione operativa.

La presente invenzione può essere caratterizzata come una punta da perforazione perfezionata da utilizzare in operazioni di trivellazione in un foro di scavo. La punta da perforazione perfezionata comprende un certo numero di componenti che cooperano. Si realizza una punta da perforazione che include una pluralità di teste, ciascuna delle quali supporta una fresa a rulli conici. Un elemento di accoppiamento è formato in una porzione superiore del corpo della punta. Preferibilmente, ma non necessariamente, l'elemento di accoppiamento comprende un accoppiamento filettato per il collegamento

della punta da perforazione perfezionata ad una batteria di perforazione secondo un accoppiamento filettato tradizionale a perno e sede scatolare. La punta da perforazione perfezionata può includere un sensore di temperatura e/o un sensore di un sistema di lubrificazione.

Più in particolare, la presente invenzione si riferisce ad un certo numero di sottosistemi alternativi meccanici ed elettrici in una punta da roccia costruita secondo la presente invenzione. Un sottosistema si riferisce all'alloggiamento dei componenti elettronici. In una forma di realizzazione particolare, un modulo di elettronica è accolto in un recesso formato in una porzione di gambo della punta da perforazione. È previsto un coperchio accoppiato in modo leggermente forzato che impegna la superficie esterna del gambo. Sono previsti elementi di tenuta, quali elementi di tenuta ad O-ring all'interfaccia tra il coperchio montato a leggera interferenza e la superficie interna del gambo della punta per la perforazione della roccia. Una cavità generalmente anulare per l'elettronica è formata e/o definita in parte dal coperchio ad accoppiamento forzato e dalla superficie interna del gambo della punta da roccia. Preferibilmente una

JAMES C. & COMPANY

7

elettronico sul campo senza sostanziali rischi di danneggiamenti ai componenti elettronici contenuti nel modulo. Inoltre, ciò protegge i componenti del circuito da danni provocati da vibrazioni, da temperatura e dal fluido, che potrebbero invece verificarsi senza la protezione aggiuntiva fornita dal materiale di incapsulamento. In sintesi, la complessità del gruppo viene ridotta poiché all'operatore viene dato un componente pre-cablato e pronto da installare, mentre i componenti sono protetti rispetto a possibili danni.

In un'altra forma di realizzazione particolare, è previsto un sensore perfezionato per il grasso il quale sensore rileva l'ingresso di fluidi non-lubrificanti nel sistema di lubrificazione della punta da perforazione della roccia perfezionata.

In una forma di realizzazione alternativa, si propone una configurazione perfezionata di un ugello ausiliario che consente la segnalazione ad una posizione in superficie. Questo nuovo ugello include un pistone relativamente piccolo ed azionabile elettricamente che viene utilizzato per rompere un disco di tenuta quando si rileva una condizione di allarme. Il dispositivo a pistone elettricamente attuabile include un elemento a pistone, un elemen-

to stazionario a cilindro, un sistema di ignizione elettricamente attuabile, e terminali per collegare l'elemento a pistone elettricamente attuabile ad altri componenti, quali la circuiteria di monitoraggio portata preferibilmente nella porzione di gambo della punta da perforazione perfezionata.

Nella particolare forma di realizzazione qui discussa, sono previsti percorsi alternativi per i cablaggi che permettono il collegamento elettrico tra i componenti di monitoraggio e i sensori che costituiscono un perfezionamento rispetto a configurazioni alternative per i cablaggi. Essenzialmente i canali per i cablaggi sono previsti all'interno di ciascun braccio della punta e si estendono verso il basso a partire dalla porzione del gambo fino ad una porzione mediana del braccio della punta per il collegamento elettrico ai sensori di monitoraggio del grasso. Un canale aggiuntivo è previsto per collegare una batteria localizzata in un alloggiamento ad un circuito di monitoraggio che è portato nella porzione di gambo della punta da perforazione.

Inoltre nella forma di realizzazione preferita è previsto un interruttore che può essere azionato dalla porzione esterna della punta e che viene uti-

lizzato per accendere e spegnere il dispositivo in circostanze specifiche durante l'operazione di trivellazione. Ciò preserva la vita della batteria quando il monitoraggio non è necessario.

Questi ed altri scopi, caratteristiche e vantaggi risulteranno chiari nella descrizione che segue.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Le caratteristiche che si ritengono innovative dell'invenzione sono enunciate nelle rivendicazioni annesse. L'invenzione stessa, tuttavia, così come una modalità di utilizzo preferita, ed ulteriori scopi e vantaggi di essa, verranno compresi meglio con riferimento alla descrizione dettagliata seguente di una forma di realizzazione illustrativa da leggersi in combinazione con i disegni allegati, in cui:

- la figura 1 illustra operazioni di trivellazione condotte utilizzando una punta da perforazione downhole secondo la presente invenzione, che include un sistema di monitoraggio per monitorare almeno una condizione operativa della punta da perforazione downhole durante le operazioni di perforazione;

- la figura 2 è una vista prospettica di una

punta da perforazione downhole di tipo perfezionato;

- la figura 3 è una vista in sezione longitudinale di una porzione della punta da perforazione downhole illustrata nella figura 2;

- la figura 4 è uno schema a blocchi dei componenti che vengono utilizzati per effettuare il trattamento di segnali, l'analisi dei dati, ed operazioni di comunicazione;

- la figura 5 è uno schema a blocchi della memoria elettronica utilizzata nella punta da perforazione downhole perfezionata per registrare dati;

- la figura 6 è uno schema a blocchi di particolari tipi di sensori delle condizioni operative che possono essere utilizzati nella punta da perforazione downhole perfezionata secondo la presente invenzione;

- la figura 7 è uno schema a blocchi che rappresenta le fasi del procedimento utilizzato nella costruzione di una punta da perforazione downhole perfezionata secondo la presente invenzione;

- le figure da 8A a 8H illustrano dettagli del posizionamento del sensore sulla punta da perforazione downhole perfezionata della presente invenzione, insieme a rappresentazioni grafiche dei tipi

di dati indicativi di un guasto imminente della punta da perforazione downhole;

- la figura 9 è uno schema a blocchi che rappresenta il sistema di monitoraggio utilizzato nella punta perforazione downhole perfezionata della presente invenzione;

- la figura 10 è una vista prospettica di una punta da perforazione downhole a taglienti fissi;

- la figura 11 è una vista in sezione longitudinale frammentaria della punta da perforazione downhole a taglienti fissi della figura 10;

- la figura 12 è una vista in sezione longitudinale parziale di una testa di punta costruita secondo la presente invenzione;

- la figura 13 è una vista in sezione longitudinale parziale di una porzione della testa della punta che predispone le relative posizioni e dimensioni della cavità preferita per il sensore di temperatura secondo la presente invenzione;

- la figura 14 è una rappresentazione grafica di dati di temperatura relativa provenienti da una punta a tricono a rulli durante operazioni di prova;

- la figura 15 è una vista in pianta semplificata delle cavità per il conduttore, per la manuten-

zione e per il sensore e del gruppo associato a tre tubi utilizzato secondo una forma di realizzazione della presente invenzione per disporre conduttori attraverso la punta da perforazione perfezionata;

- la figura 16 è una vista in sezione trasversale frammentaria del passaggio del filo per i tre tubi secondo la forma di realizzazione preferita della presente invenzione;
- la figura 17 è una vista dall'alto del gruppo a tre tubi secondo la forma di realizzazione preferita della presente invenzione;
- la figura 18 è una vista prospettica del connettore per il gruppo a tre tubi secondo la forma di realizzazione preferita della presente invenzione;
- la figura 19 è una rappresentazione grafica del coperchio di alloggiamento di servizio e della spina tubolare ad esso associata secondo la forma di realizzazione preferita della presente invenzione;
- la figura 20 è una rappresentazione grafica con schema a blocchi dei conduttori elettrici e dei componenti elettrici utilizzati secondo la forma di realizzazione preferita della presente invenzione;
- la figura 21 è una rappresentazione grafica

delle operazioni eseguite per verificare l'integrità della tenuta delle cavità della punta da perforazione perfezionata della presente invenzione, e per il "potting" delle cavità;

- la figura 22 è una rappresentazione grafica del sensore di temperatura incapsulato secondo la forma di realizzazione preferita della presente invenzione;

- la figura 23 è una vista in sezione longitudinale di un commutatore azionato a pressione che può essere utilizzato con la punta da perforazione perfezionata della presente invenzione per commutare la punta tra condizioni operative;

- la figura 24 è una vista in sezione di un commutatore alternativo azionato a pressione;

- la figura 25 è una rappresentazione in forma di schema a blocchi del procedimento produttivo utilizzato per la forma di attuazione preferita della punta da perforazione migliorata della presente invenzione;

- le figure 26 e 27 sono rappresentazioni circuitali, grafiche e con schemi a blocchi del trattamento di segnale utilizzato secondo il sistema preferenziale di rilevamento della temperatura di resistenza della presente invenzione;

- la figura 28 è una rappresentazione circuitale e a blocchi del sistema di monitoraggio della lubrificazione preferito della presente invenzione;
- le figure da 29A a 29F sono rappresentazioni in schemi a blocchi del circuito integrato specifico applicativo utilizzato nella presente invenzione;
- le figure 30A, 30B e 30C sono rappresentazioni grafiche dell'esame di monitoraggio ottimale del sistema di lubrificazione secondo la presente invenzione;
- la figura 31 è una vista in sezione longitudinale semplificata e frammentaria del posizionamento del sistema di monitoraggio della lubrificazione secondo la presente invenzione;
- le figure 32A, 32B, 32C, 32D, e 32E sono rappresentazioni grafiche semplificate di un semplice sistema meccanico per comunicare ad una posizione remota in superficie utilizzando una sfera erodibile;
- le figure 33 e 34 sono rappresentazioni grafiche semplificate di un sistema di comunicazione alternativo che utilizza un dispositivo di bloccaggio del flusso azionabile in modo elettrico;
- le figure da 35A a 35I sono rappresentazioni

grafiche semplificate e schemi a blocchi di un controllo adattativo di un'apparecchiatura di trivellazione secondo la presente invenzione;

- le figure 36 e 37 sono viste illustrative ed in sezione del sistema di comunicazione che utilizza un cambio di pressione persistente;

- le figure 38A, 38B, 38C, 38D, e 38E illustrano una configurazione meccanica alternativa della presente invenzione, ed in particolare illustrano un posizionamento alternativo per un modulo di elettronica in una porzione di gambo del corpo della punta da perforazione;

- le figure 39A, 39B, 39C, e 39E illustrano una configurazione alternativa di un ugello ausiliario che può essere utilizzata per la segnalazione in superficie;

- le figure 40A, 40B, e 40C illustrano un sensore alternativo per il monitoraggio del grasso che viene utilizzato nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

1. PANORAMICA DELLE OPERAZIONI DI TRIVELLAZIONE: la figura 1 illustra un esempio di operazioni di trivellazione condotte secondo la presente invenzione con una punta da perforazione downhole di tipo per-

fezionato che include in essa un dispositivo di memoria che registra i dati di un sensore durante operazioni di trivellazione. Come illustrato, un impianto di trivellazione tradizionale 3 comprende una torre di trivellazione 5, un pavimento 7 della torre, installazioni di estrazione 9, un gancio 11, una parte girevole 13, un giunto ad asta quadra 15, ed una tavola rotary 17. Una batteria 19 di aste che include una sezione 21 di batteria di perforazione tubolare ed una sezione di collare 23 si estende verso il basso a partire dall'impianto di trivellazione 3 nel foro di scavo 1. La sezione a collare 23 preferibilmente comprende un certo numero di elementi a collare della batteria di perforazione tubolare che si collegano l'uno all'altro, comprendenti un sottogruppo di registrazione automatica di misurazione in fase di trivellazione ed un sottogruppo cooperante per la trasmissione di dati telemetrici degli impulsi dei fanghi, che sono qui in seguito denominati nel loro insieme come "sistema di misurazione e di comunicazione 25".

Durante le operazioni di trivellazione, il fluido di trivellazione viene fatto circolare da un pozzo fanghi 27 attraverso la pompa fanghi 29, attraverso un dispositivo polmone (desurger) 31, ed

attraverso una tubazione di alimentazione dei fanghi 33 nell'elemento girevole 13. I fanghi di perforazione passano attraverso il giunto ad asta quadrata e penetrano in un foro centrale assiale nella batteria di aste. I fanghi fuoriescono poi attraverso getti o ugelli che sono collocati in una punta da perforazione downhole 26 che è collegata alla porzione più bassa del sistema di misurazione e di comunicazione 25. Il fango di perforazione ritorna verso l'alto attraverso l'intercapedine anulare tra la superficie esterna della batteria da perforazione e la superficie interna del foro di scavo 1, per essere ricircolato fino alla superficie dove viene fatto ritornare al pozzo fanghi 27 attraverso una tubazione di ritorno 35 per i fanghi. Un vaglio vibratore (che non è illustrato) separa i detriti della formazione rocciosa dal fango di perforazione prima che questo ritorni al pozzo fanghi 27.

Preferibilmente il sistema di misurazione e di comunicazione 25 utilizza una tecnica di telemetria ad impulsi dei fanghi per comunicare i dati da una posizione in foro verso la superficie mentre hanno luogo le operazioni di trivellazione. Per ricevere i dati in superficie, è previsto un trasduttore 37 comunicante con la tubazione di alimentazione dei

fanghi 33. Questo trasduttore genera segnali elettrici in risposta alle variazioni del fango di perforazione. Questi segnali elettrici vengono trasmessi da un conduttore di superficie 29 ad un sistema di elaborazione elettronica di superficie 31, che è preferibilmente un sistema di elaborazione dati con un'unità di elaborazione centrale per l'esecuzione di istruzioni da programma e per rispondere ai comandi dell'utilizzatore immessi attraverso una tastiera o un dispositivo di puntamento grafico.

Il sistema di telemetria ad impulsi dei fanghi è previsto per la comunicazione di dati alla superficie riguardanti numerose condizioni in foro rilevate da trasduttori di registrazione automatica (*logging*) del pozzo o da sistemi di misurazione che vengono solitamente collocati all'interno del sistema di misurazione e di comunicazione 25. Gli impulsi di fango che definiscono i dati propagati verso la superficie vengono prodotti da apparecchiature che sono collocate all'interno del sistema di misurazione e di comunicazione 25. Tali apparecchiature comprendono tipicamente un generatore di impulsi di pressione che funziona sotto il controllo di un'elettronica contenuta in un involucro con-

tenente strumenti che permette al fango di perforazione di fuoriuscire attraverso un orifizio che si estende attraverso la parete del collare della batteria di perforazione. Ogni volta che il generatore di impulsi di pressione provoca tale fuoriuscita, un impulso di pressione negativa viene trasmesso per essere ricevuto dal trasduttore di superficie

37. Una configurazione tradizionale alternativa genera e trasmette impulsi di pressione positivi. In modo tradizionale, il fango in circolazione costituisce una sorgente di energia per un sottogruppo di generatore azionato da turbina che è localizzato all'interno del sistema di misurazione e di comunicazione 25. Il generatore azionato da turbina genera energia elettrica per il generatore di impulsi di pressione e per vari circuiti comprendendo questi circuiti che formano i componenti funzionali degli utensili di misurazione e simultanea trivellazione. Come sorgente di energia elettrica alternativa o supplementare, possono essere previste batterie, in particolare a sostegno del generatore azionato da turbina.

2. UTILIZZAZIONE DELL'INVENZIONE IN PUNTE A RULLI CONICI PER LA PERFORAZIONE DELLA ROCCIA: la figura 2 è una vista prospettica di una punta da perfora-

zione downhole perfezionata secondo la presente invenzione. La punta da perforazione downhole comprende un'estremità superiore 53 filettata esternamente che è adatta all'accoppiamento con un'estremità scatolare filettata internamente della porzione più bassa della batteria. In aggiunta, essa comprende un corpo 55. L'ugello 57 e gli altri ugelli non raffigurati per il getto di fluido che viene pompato verso il basso attraverso la batteria per raffreddare la punta da perforazione downhole 26, puliscono i denti taglienti della punta da perforazione downhole 26, e trasporta i detriti su per l'intercapedine anulare. La punta da perforazione downhole perfezionata 26 comprende tre teste (ma in alternativa può includere un numero maggiore o minore di teste) che si estendono verso il basso a partire dal corpo 55 della punta e terminano in corrispondenza di cuscinetti portanti (non illustrati in figura 2 ma illustrati in figura 3, ma che possono in alternativa comprendere qualsiasi altro cuscinetto di tipo tradizionale, quale un cuscinetto a rulli) che ricevono frese a rulli conici 63, 65, 67. Ciascuna delle frese a rulli conici 63, 65, 67 viene lubrificata da un sistema di lubrificazione a cui si accede attraverso coperchi di com-

pensazione 59, 60 (non illustrato nella vista di figura 2), e 61. Ciascuna delle frese a rulli conici 63, 65, 67 comprende elementi taglienti, quali gli elementi taglienti 71, 73 e opzionalmente comprende inserti di calibro di rifinitura, quale l'inserto di calibro di rifinitura 75. In modo tradizionale, gli elementi taglienti possono comprendere inserti di carburo di tungsteno che sono accoppiati a pressione in fori previsti nelle frese a rulli conici. In alternativa gli elementi taglienti possono essere lavorati a macchina dall'acciaio che forma il corpo delle frese a rulli conici 63, 65, 67. Gli inserti di calibro di rifinitura, quale l'inserto di calibro di rifinitura 75, sono accoppiati a pressione in fori previsti nelle frese a rulli conici 63, 65, 67. Per la presente invenzione non è richiesto alcun particolare tipo, struttura o posizionamento degli elementi taglienti, e la punta da perforazione illustrata nelle figure 2 e 3 è puramente illustrativa di una punta da perforazione downhole di tipo diffuso e disponibile in commercio.

La figura 3 è una vista in sezione longitudinale della punta da perforazione downhole perfezionata 26 della figura 2. In questa vista è illustra-

ta una testa 81 della punta. Un foro centrale 83 è definito all'interno della testa 81. Un perno 53 filettato esternamente viene utilizzato per vincolare la punta da perforazione downhole 26 ad un elemento a collare contiguo della batteria. In forme di realizzazione alternative può essere utilizzato qualsiasi accoppiamento di tipo tradizionale o nuovo. Un sistema di lubrificazione 85 è illustrato nella vista della figura 3 e comprende un compensatore 87 che include un diaframma di compensazione 89, un passaggio di lubrificazione 91, un passaggio di lubrificazione 93, ed un passaggio di lubrificazione 95. I passaggi di lubrificazione 91, 93 e 95 vengono utilizzati per dirigere il lubrificante dal compensatore 87 ad un'interfaccia tra la fresa a rulli conici 63 ed un cuscinetto portante 97 montato a sbalzo, per lubrificare la loro interfaccia meccanica 99. La fresa a rulli conici 63 è vincolata in posizione rispetto al cuscinetto portante montato a sbalzo 97 tramite un elemento di bloccaggio a sfera 101 che viene mosso in posizione attraverso il passaggio di lubrificazione 93 attraverso un'apertura che viene riempita da un tappo saldato 103. L'interfaccia 99 tra il cuscinetto portante montato a sbalzo 97 e la fresa a rulli conici 63 è

sigillata da una guarnizione ad o-ring 105; in alternativa può essere prevista una tenuta a faccia rigida o meccanica in luogo di una guarnizione ad o-ring. Il lubrificante che viene mandato dal compensatore 87 attraverso i passaggi di lubrificazione 91, 93 e 95 lubrifica l'interfaccia 99 per facilitare la rotazione della fresa a rulli conici 63 rispetto al cuscinetto portante montato a sbalzo 97. Al compensatore 87 si può accedere dall'esterno della punta da perforazione downhole 26 attraverso il coperchio di compensazione rimovibile 81. Al fine di semplificare l'esposizione, la pluralità di sensori delle condizioni operative che vengono posti all'interno della punta da perforazione downhole 26 non sono illustrati nella figura 3. I sensori delle condizioni operative sono tuttavia illustrati nelle loro posizioni nelle viste delle figure da 8A a 8H.

3. PANORAMICA DELLA REGISTRAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI: la figura 4 è una rappresentazione in forma di schema a blocchi dei componenti che vengono utilizzati per effettuare il trattamento dei segnali, l'analisi dei dati, ed operazioni di comunicazione, secondo la presente invenzione. Come illustrato in questa lista, dei sensori, quali i senso-

ri 401, 403, rendono disponibili segnali analogici a convertitori analogico-digitali 405, 407, rispettivamente. I dati del sensore digitalizzati vengono passati ad un bus dati 409 per essere manipolati dal controllore 411. I dati possono essere memorizzati dal controllore 411 in una memoria non volatile 417. Le istruzioni di programma che vengono eseguite dal controllore 411 possono essere mantenute nel ROM 419, ed essere richiamate dal controllore 411 per essere utilizzate all'occorrenza. Il controllore 411 può comprendere un microprocessore tradizionale che funziona con parole binarie ad otto o sedici bit. Il controllore 411 può essere programmato per semplicemente amministrare la registrazione dei dati del sensore nella memoria, nella forma di attuazione base della presente invenzione; tuttavia, in forme di realizzazione più elaborate della presente invenzione, il controllore 411 può essere utilizzato per effettuare l'analisi dei dati del sensore al fine di rilevare imminenti rotture della punta da perforazione downhole e/o per sovrintendere alle comunicazioni dei dati del sensore elaborati o non elaborati ad un'altra posizione all'interno della batteria di trivellazione o del foro di scavo. L'analisi pre-programmata può essere

mantenuta in memoria nella ROM 419, e caricata sul controllore 411 in maniera tradizionale, per l'esecuzione durante operazioni di trivellazione. In forme di realizzazione ancora più elaborate della presente invenzione, il controllore 411 può passare dati digitali e/o segnali di avvertimento indicativi di imminenti rotture della punta da perforazione downhole a dispositivi di ingresso/uscita 413, 415 sia per comunicare ad un'altra posizione all'interno del foro di scavo o della batteria di aste, ossia ad una posizione in superficie. I dispositivi di ingresso/uscita 413, 415 possono anche essere utilizzati per leggere i segnali del sensore registrati dalla memoria non volatile 417 al termine delle operazioni di trivellazione per quella particolare punta da perforazione downhole, al fine di facilitare l'analisi delle prestazioni della punta durante operazioni di trivellazione. In alternativa, può essere calato all'interno della batteria di perforazione durante le operazioni di trivellazione un dispositivo ricevitore a fune (wireline) per ricevere i dati che vengono trasmessi dal dispositivo di ingresso/uscita 413, 415 in forma di trasmissioni elettromagnetiche.

4. ESEMPI DI USI DEI DATI REGISTRATI E/O TRATTATI:

un possibile utilizzo di questi dati è quello di determinare se l'utilizzatore della punta da perforazione downhole la ha fatta funzionare in modo responsabile; cioè in una maniera che è coerente con le istruzioni del costruttore. Ciò può aiutare a risolvere conflitti e dispute relative alle prestazioni o alle mancate prestazioni della punta -da perforazione downhole. È favorevole per il costruttore della punta da perforazione downhole avere prove di uso improprio del prodotto come un fattore che possa indicare che l'utilizzatore ha la responsabilità per perdite finanziarie invece del costruttore. Utilizzi ancora diversi dei dati comprendono l'utilizzazione dei dati per determinare il rendimento e l'affidabilità di particolari modelli di punte da perforazione downhole. Il costruttore può utilizzare i dati raccolti all'atto del completamento delle operazioni di trivellazione di una particolare punta da perforazione downhole al fine di determinare quanto sia adatta la punta da perforazione downhole per quella particolare operazione di trivellazione. Utilizzando questi dati, il produttore di punte da perforazione downhole può sviluppare progetti per punte da perforazione downhole più sofisticate, durevoli ed affidabili. I

dati possono in alternativa essere utilizzati per realizzare un record del funzionamento della punta, al fine di integrare la resistività ed altri log che vengono sviluppati durante operazioni di trivellazione, in modo tradizionale. Spesso le società di servizi che effettuano operazioni di misurazione in fase di trivellazione vengono richiamate per spiegare irregolarità nei dati registrati. Il fatto di avere un record completo delle condizioni operative della punta, da perforazione downhole durante le operazioni di trivellazione in questione può permettere al prestatore di servizi di misurazione durante la perforazione di spiegare le irregolarità nei dati registrati. Si possono fare molti altri usi tradizionali o nuovi dei dati registrati che migliorano o evidenziano operazioni di trivellazione, il controllo sulle operazioni di trivellazione, o la produzione, progettazione ed utilizzazione degli utensili da perforazione.

5. ESEMPIO DI MEMORIA ELETTRONICA: la figura 5 è un'illustrazione in forma di schema a blocchi di una memoria elettronica utilizzata nella punta da perforazione downhole perfezionata della presente invenzione per registrare dati. Una memoria non volatile 417 include un array di memoria 421. Come

noto alla tecnica, la memoria di array 421 viene indirizzata dal decodificatore di riga 423 e dal decodificatore di colonna 425. Il decodificatore di riga 423 sceglie una riga dell'array di memoria 417 in risposta ad una porzione di un indirizzo ricevuto dal bus di indirizzo 409. Le linee rimanenti del bus di indirizzo 409 vengono collegate al decodificatore di colonna 425, ed utilizzate per selezionare un sotto-insieme di colonne dall'array di memoria 417. Al decodificatore di colonna 425 sono collegati amplificatori di rilevamento 427 che rilevano i dati forniti dalle celle nell'array di memoria 421. Gli amplificatori di rilevamento forniscono dati letti dall'array 421 verso un'uscita (non illustrata), che può includere chiavistelli elettronici come è ben noto nel settore. Un driver di scrittura 429 è previsto per memorizzare i dati in posizioni scelte all'interno dell'array di memoria 421 in risposta ad un segnale di controllo di scrittura.

Le celle nell'array 421 della memoria non volatile 417 possono essere di un qualsiasi tipo scelto tra diversi tipi di celle note nella tecnica per costituire memorie non volatili. Ad esempio, le memorie EEPROM sono ben note nel settore, e forn-

scono una memoria non volatile cancellabile ed affidabile adatta ad essere utilizzata in applicazioni quali la registrazione di dati in ambienti di fori di scavo. In alternativa le cellule dell'array di memoria 421 possono essere di altri tipi noti nella tecnica come le gli array di memoria SRAM utilizzati con sorgenti di energia di sostegno per batterie.

6. SELEZIONE DI SENSORI: secondo la presente invenzione uno o più sensori di condizioni operative vengono portati dalla punta da perforazione downhole di produzione, e vengono utilizzati per rilevare una particolare condizione operativa. La tecnica preferita per determinare quali particolari sensori siano inclusi nelle punte da perforazione downhole di produzione verrà ora descritta in dettaglio con riferimento alla figura 7, dove il procedimento inizia al passo 171.

In accordo con la presente invenzione, come illustrato nel passo 173, una pluralità di sensori di condizioni operative vengono posti su almeno una punta da perforazione downhole. Preferibilmente viene esaminato un gran numero di punte da perforazione downhole di prova. Le punte da perforazione downhole di prova vengono poi sottoposte ad almeno

un'operazione di simulazione di trivellazione, e i dati vengono registrati con riferimento al tempo con la pluralità di sensori di condizioni operative, in accordo con il passo 175. I dati vengono poi esaminati per identificare indicatori di imminente rottura della punta da perforazione downhole in accordo con il passo 167. Poi, i sensori che vengono selezionati dalla pluralità di sensori di condizioni operative vengono posizionati nelle punte da perforazione downhole, secondo il passo 179. Opzionalmente in ciascuna punta da perforazione downhole di produzione può essere previsto un sistema di monitoraggio per paragonare i dati ottenuti durante le operazioni di trivellazione con certi particolari indicatori dell'imminente rottura della punta da perforazione downhole, in accordo con il passo 181. In una particolare forma di realizzazione, in accordo con il passo 185, le operazioni di trivellazione vengono poi eseguite con la punta da perforazione downhole di produzione, e il sistema di monitoraggio viene utilizzato per identificare imminenti rotture della punta da perforazione downhole. Infine, ed opzionalmente, in accordo con i passi 187 e 189 i dati vengono trasmessi a distanza su per il foro durante le operazioni di trivellazione

per fornire un'indicazione della imminente rottura della punta da perforazione downhole utilizzando uno qualunque di un sistema di comunicazione dati innovativo o di tipo noto. Ovviamente, in accordo con il passo 191, le operazioni di trivellazione possono essere regolate dalla posizione di superficie (includendo in ciò, senza limitazioni, il peso sulla punta, la velocità di rotazione della batteria, il peso del fango e la velocità della pompa) al fine di ottimizzare le operazioni di trivellazione.

I tipi di sensori utilizzati durante la simulazione di operazioni di trivellazione sono presentati in forma di schema a blocchi nella figura 6, e verranno ora discussi in dettaglio. Il braccio 80 della punta può essere dotato di sensori di deformazione 125 al fine di misurare la deformazione assiale, la deformazione da taglio, e la deformazione da flessione. Il braccio 81 della punta può analogamente essere dotato di sensori di deformazione 127 al fine di misurare la deformazione assiale, la deformazione da taglio e la deformazione da flessione. Il braccio 82 della punta può anche essere dotato di sensori di deformazione 129 per misurare la deformazione assiale, la deformazione da taglio

e la deformazione da flessione.

Il cuscinetto portante 96 può essere provvisto di sensori di temperatura 131 al fine di misurare la temperatura all'interfaccia della bocca del cono, del centro, della faccia di spinta, e della coda del cuscinetto portante 96 montato a sbalzo; analogamente il cuscinetto portante 97 può essere dotato di sensori di temperatura per misurare la temperatura all'interfaccia della bocca del cono, della faccia di spinta e della coda del cuscinetto portante montato a sbalzo 97; il cuscinetto portante 98 può essere dotato di sensori di temperatura 135 all'interfaccia della bocca del cono, della faccia di spinta e della coda del cuscinetto portante 98 montato a sbalzo al fine di misurare la temperatura in queste tre posizioni. In forme di realizzazione alternativa possono essere utilizzati tipi diversi di cuscinetti, quali cuscinetti a rulli. I sensori di temperatura sarebbero inseriti in essi in modo appropriato.

Il sistema di lubrificazione può essere dotato di un sensore di pressione 137 di un serbatoio e di un sensore di pressione 139 sull'elemento di tenuta che vengono insieme utilizzati per sviluppare una misura della pressione differenziale attraverso

l'elemento di tenuta del cuscinetto portante 96. Analogamente, il sistema di lubrificazione 85 può essere dotato di un sensore di pressione di serbatoio 141 e di un sensore di pressione 143 sull'elemento di tenuta che sviluppano una misurazione della pressione differenziale attraverso la tenuta in corrispondenza del cuscinetto portante 97. Lo stesso è vero per il sistema di lubrificazione 86 che può essere dotato di un sensore di pressione di serbatoio 145 e di un sensore di pressione 147 in corrispondenza dell'elemento di tenuta che sviluppano una misurazione della pressione differenziale attraverso l'elemento di tenuta del cuscinetto portante 98.

In aggiunta possono essere previsti sensori di accelerazione 149 sul corpo 55 della punta al fine di misurare le componenti di accelerazione lungo gli assi x, y e z a cui è soggetto il corpo 55 della punta.

Infine, un sensore di pressione ambientale 151 ed un sensore di temperatura ambientale 153 possono essere previsti per monitorare la pressione e la temperatura ambientali del foro di scavo 1. Sensori aggiuntivo possono essere previsti al fine di ricavare e registrare dati pertinenti al foro di scavo

ed alla formazione rocciosa circostante, come ad esempio non limitativo, sensori che forniscono un'indicazione su una o più proprietà elettriche o meccaniche del foro di scavo o della formazione circostante.

La tecnica complessiva per realizzare una punta da perforazione downhole perfezionata con un sistema di monitoraggio è stata sopra descritta con riferimento alla figura 7. Quando le punte di prova vengono sottoposte ad operazioni di simulazione della trivellazione, in accordo con il passo 175 della figura 7, vengono registrati dati dai sensori delle condizioni operative. Utilizzando i particolari sensori illustrati nello schema a blocchi della figura 6, le informazioni relative alle deformazioni rilevate sui bracci 80, 81 e 82 della punta verranno registrate. In aggiunta verranno anche registrate le informazioni relative alla temperatura rilevata sui cuscinetti portanti 96, 97 e 98. Inoltre verranno registrate le informazioni relative alla pressione all'interno dei sistemi di lubrificazione 84, 85, 86. Verranno registrate informazioni relative all'accelerazione del corpo 55 della punta. Verranno infine registrate la temperatura e la pressione ambientali all'interno del foro di

scavo della simulazione.

7. ESEMPI DI INDICATORI DI GUASTI: i dati raccolti possono essere esaminati per identificare indicatori di imminenti guasti della punta da perforazione downhole. Tali indicatori includono, in senso non limitativo, alcuni dei seguenti:

(1) un guasto della tenuta nei sistemi di lubrificazione 84, 85 o 86 produrrà una perdita di pressione del lubrificante contenuto all'interno del serbatoio; una perdita di pressione all'interfaccia tra il cuscinetto portante montato a sbalzo e la fresa a rulli conici indica analogamente un guasto della tenuta;

(2) un innalzamento della temperatura come rilevato alla controfaccia della bocca del cono, del centro o della faccia di spinta e della coda dei cuscinetti portanti 96, 97 o 98 indica analogamente un guasto del sistema di lubrificazione, ma può anche stare ad indicare il verificarsi di una trivellazione inefficiente quale un appallottolamento (*balling*) della punta o malfunzionamenti del motore di trivellazione;

(3) deformazioni eccessive assiali, di taglio o di flessione come rilevate in corrispondenza dei bracci 80, 81 o 82 della punta indicheranno una immi-

nente rottura della punta, ed in particolare indicheranno danni fisici alle frese a rulli conici;

(4) un'accelerazione irregolare del corpo della punta indica un malfunzionamento della fresa.

Le operazioni di simulazione della trivellazione vengono preferibilmente condotte utilizzando un impianto di trivellazione di prova che permette all'operatore di controllare accuratamente tutti i fattori pertinenti all'operazione di trivellazione, quali il carico sulla punta, la coppia, la velocità di rotazione, i carichi di flessione applicati alla batteria, i pesi del fango, la temperatura, la pressione e la velocità di penetrazione. Le punte di prova vengono poste in esercizio in una varietà di condizioni di trivellazione e di foro di scavo e vengono fatte funzionare fino a quando non avvenga una rottura. I dati registrati possono essere utilizzati per stabilire delle soglie che indicano un'imminente rottura della punta durante operazioni di trivellazione reali. Per un particolare tipo di punta da perforazione downhole, i dati vengono valutati per determinare quale particolare sensore o sensori produrrà la prima e più chiara indicazione di una rottura imminente della punta. Quei sensori che non forniscono un'indicazione tempestiva e

chiara della rottura verranno scartati e non presi più in considerazione. Solo quei sensori che forniscono un'indicazione chiara e tempestiva di una rottura imminente verranno utilizzate in punta da perforazione downhole di produzione. Il passo 177 della figura 7 corrisponde al passo di identificare indicatori di imminente rottura della punta da perforazione downhole dai dati accumulati durante le operazioni di trivellazione simulata.

Possono essere condotte prove in situ per integrare i dati ottenuti durante le operazioni di trivellazione simulata, e i particolari sensori di condizioni operative che vengono eventualmente posti in punti da perforazione downhole di produzione possono essere scelti in base ad una combinazione dei dati ottenuti durante le operazioni di trivellazione simulata e dei dati ottenuti durante le prove effettuate in situ. In entrambi i casi, in accordo con il passo 179 della figura 7 certi particolari sensori di condizioni operative vengono inclusi in un particolare tipo di punta da perforazione downhole di produzione. Poi un sistema di monitoraggio viene incluso nella punta da perforazione downhole di produzione, ed è definito o programmato per paragonare in modo continuo i dati dei

sensori con una soglia prestabilita per ciascun sensore.

A titolo di esempio non limitativo si possono stabilire i seguenti tipi di soglia:

- (1) per i bracci della punta 80, 81 o 82 si possono stabilire valori minimi e massimi di deformazioni assiali, da taglio e/o da flessione;
- (2) possono essere stabilite soglie di temperatura massima per le operazioni di trivellazione simulata per i cuscinetti portanti 96, 97 o 98;
- (3) possono essere stabiliti livelli di pressione minima per la riserva e/o l'interfaccia di tenuta per i sistemi di lubrificazione 84, 85 o 86;
- (4) può essere stabilita, per il corpo 55 della punta, l'accelerazione massima (lungo asse x, l'asse y e/o l'asse z).

In particolari forme di attuazione, le soglie di temperatura stabilite per i cuscinetti portanti 96, 97 o 98, e le soglie di pressione stabilite per i sistemi di lubrificazione 84, 85, 86 possono essere valori relativi che vengono stabiliti rispetto alla pressione ambientale ed alla temperatura ambientale nel foro di scavo durante le operazioni di trivellazione come rilevato dal sensore di pressione ambientale 151 e dal sensore di temperatura 153

(entrambi nella figura 6). Queste soglie possono essere stabilite fornendo istruzioni di programma ad un controllore incorporato nella punta da perforazione downhole perfezionata 26, o fornendo soglie di tensione e di corrente per circuiti elettronici previsti o per paragonare con continuità o ad intermittenza i dati rilevati in tempo reale durante le operazioni di trivellazione con soglie prestabilite per particolari sensori che sono stati inclusi nelle punte da perforazione downhole di produzione. Il passo di programmare il sistema di monitoraggio è identificato nel diagramma di flusso della figura 7 ai passi 181, 183.

Poi, in accordo con il passo 185 della figura 7, vengono effettuate operazioni di trivellazione e i dati vengono monitorati per rilevare imminenti rotture nella punta da perforazione downhole paragonando continuamente le misurazioni di dati con soglie prestabilite e pre-definite (sia soglie minime, massime o minime e massime o schemi nelle misurazioni). Poi, in accordo con il passo 187 della figura 7, le informazioni vengono comunicate ad un sistema di comunicazione dati quale un sistema telemetrico di misurazione in contemporanea alla trivellazione. Poi, in accordo con il passo 189

della figura 7, il sistema telemetrico di misurazione e trivellazione in contemporanea viene utilizzato per comunicare i dati in superficie. L'operatore della trivellazione sorveglia questi dati e poi regola le operazioni della trivellazione in risposta a questa comunicazione, in accordo con il passo 191 della figura 7.

Le potenziali condizioni di allarme possono essere disposte in modo gerarchico in base alla gravità, al fine di consentire all'operatore della trivellazione di rispondere in modo intelligente a potenziali condizioni di allarme. Ad esempio, la perdita di pressione nei sistemi di lubrificazione 84, 85 o 86 può definire la condizione di allarme più grave. Una condizione secondaria può essere un innalzamento della temperatura sui cuscinetti portanti 96, 97, 98. Infine un innalzamento di deformazione nei bracci 80, 81, 82 della punta può definire la condizione di allarme successivamente più grave. L'accelerazione della punta può definire una condizione di allarme che è relativamente poco importante rispetto alle altre. In una forma di attuazione della presente invenzione, condizioni differenti di allarme identificabili possono essere comunicate in superficie per permettere

all'operatore di esercitare un giudizio indipendente nel determinare il modo con cui regolare le operazioni di trivellazione. In forme di realizzazione alternative, le condizioni di allarme possono essere combinate per fornire una condizione di allarme composita che è composta dalle varie condizioni di allarme disponibili. Ad esempio un numero arabo tra 1 e 10 può essere comunicato alla superficie dove con 1 si identifica un livello di allarme relativamente basso, e 10 identifica un livello di allarme relativamente elevato. I vari componenti di allarme che vengono sommati per fornire questa singola indicazione numerica di condizioni di allarme possono essere ponderati in base alla loro importanza relativa. In questa particolare forma di attuazione, una perdita di pressione all'interno dei sistemi di lubrificazione 84, 85 o 86 può portare un peso due o tre volte quello di altre condizioni di allarme al fine di ponderare l'indicatore composito in una maniera tale da evidenziare quelle condizioni di allarme che sono considerate come più importanti di altre condizioni di allarme.

I tipi di responso disponibili per l'operatore comprendono una regolazione nel carico sulla punta, nella coppia, nella velocità di rotazione applicata

alla batteria di perforazione, e nel peso del fluido di trivellazione e nella velocità con cui viene pompato alla batteria. L'operatore può alterare il peso del fluido di trivellazione includendo od escludendo particolari additivi al fango da trivellazione. Infine l'operatore può rispondere estraendo la batteria e sostituendo la punta. Sono anche disponibili diverse altre opzioni tradizionali per l'operatore. Dopo che l'operatore effettua le particolari regolazioni, il procedimento termina secondo il passo 193.

8. ESEMPIO DI POSIZIONAMENTO DEL SENSORE E DI DETERMINAZIONE DELLA SOGLIA DI GUASTO: le figure da 8A a 8H illustrano il posizionamento del sensore nella punta da perforazione downhole perfezionata 26 della presente invenzione con corrispondenti presentazioni grafiche di soglie esemplificative che possono essere stabilite rispetto a ciascuna particolare condizione operativa che viene monitorata dal particolare sensore.

Le figure 8A e 8B si riferiscono al monitoraggio della pressione in sistemi di lubrificazione della punta da perforazione downhole perfezionata 26. Come è illustrato, un sensore di pressione 201 comunica con il compensatore 85 e fornisce un se-

gnale elettrico attraverso un conduttore 205 che rende disponibile un'indicazione dell'entità della pressione all'interno del compensatore 85. Il percorso 203 del conduttore è realizzato attraverso la punta da perforazione downhole 26 per permettere al conduttore di passare al sistema di monitoraggio portato dalla punta da perforazione downhole 26. Questa misurazione può essere paragonata alla pressione ambientale per sviluppare una misurazione della pressione differenziale attraverso il dispositivo di tenuta. La figura 8B è una rappresentazione grafica della diminuzione dell'entità della pressione rispetto al tempo quando viene compromessa l'integrità della tenuta del compensatore 85. Viene stabilita la soglia di pressione P_t . Dopo che il sistema di monitoraggio determina che la pressione all'interno del compensatore 85 scende al di sotto di questa soglia di pressione, si determina che esiste una condizione di allarme.

La figura 8C illustra il posizionamento dei sensori di temperatura 207 rispetto al cuscinetto portante 97 montato a sbalzo. I sensori di temperatura 207 sono localizzati in corrispondenza della controfaccia della bocca del cono, della coda, del centro e della faccia di spinta del cuscinetto por-

tante 97, e comunicano i segnali elettrici attraverso il conduttore 209 al sistema di monitoraggio per fornire una misura del valore assoluto o relativo della temperatura. Quando viene fornita la grandezza della temperatura relativa, questa temperatura viene computata con riferimento alla temperatura ambientale del foro di scavo. Il percorso 211 per il conduttore viene ottenuto tramite lavorazione a macchina all'interno della punta da perforazione downhole 26 per permettere al conduttore di passare al sistema di monitoraggio. La figura 8D illustra graficamente l'innalzamento della temperatura rispetto al tempo quando si guasta il sistema di lubrificazione per il cuscinetto portante 97. Una soglia di temperatura relativa T_T viene stabilita per definire la condizione di allarme. Le temperature che superano la somma della temperatura di soglia T_T e della temperatura al fondo del foro innescano una condizione di allarme.

La figura 8E illustra la posizione dei sensori di deformazione (*strain sensors*) 213 rispetto alla punta da perforazione downhole 26. I sensori di deformazione 213 trasmettono almeno un segnale che è indicativo di almeno una tensione assiale, di taglio e/o di flessione attraverso conduttori 215.

Questi segnali vengono forniti ad un sistema di monitoraggio. Il passaggio 217 (che è illustrato in forma semplificata per facilitare la discussione, ma che in altri punti di questa domanda è mostrato nella sua configurazione preferita) viene definito all'interno della punta da perforazione downhole 26 per permettere ai conduttori 215 di passare al sistema di monitoraggio. La posizione più probabile dei sensori di tensione 213 per ottimizzare la discriminazione dei sensori è la regione 88 della figura 8E, ma questa può essere determinata in modo sperimentale secondo la presente invenzione. La figura 8F è una rappresentazione grafica dell'ampiezza della deformazione o tensione rispetto al tempo per una particolare delle tensioni assiali, di taglio e/o di flessione. Come illustrato, può essere stabilita una soglia di tensione S_T . La tensione che supera la tensione di soglia innesca una condizione di allarme.

La figura 8G riproduce una rappresentazione dei sensori di accelerazione 219 che forniscono un'indicazione dell'accelerazione lungo gli assi x, y e/o z del corpo 55 della punta. I conduttori 221 passano attraverso un passaggio 223 al sistema di monitoraggio 225. La figura 8H è una rappresenta-

zione grafica dell'ampiezza dell'accelerazione rispetto al tempo. Una soglia di accelerazione A_t può essere stabilita per definire una condizione di allarme. Quando una particolare accelerazione supera la soglia di ampiezza, si determina che esiste una condizione di allarme.

Nonostante non sia illustrato, la punta da perforazione downhole 26 perfezionata secondo la presente invenzione può includere ulteriormente un sensore di pressione per rilevare la pressione ambientale del foro di scavo, ed un sensore di temperatura per rilevare temperature ambientali del foro di scavo. I dati provenienti da questi sensori permettono il calcolo di una soglia di pressione relativa o di una soglia di temperatura relativa.

9. PANORAMICA DI UN SISTEMA DI MONITORAGGIO OPZIONALE: la figura 9 è un'illustrazione in forma di schema a blocchi del sistema di monitoraggio 225 che è opzionalmente portato dalla punta da perforazione downhole perfezionata 26. Il sistema di monitoraggio 225 riceve dati in tempo reale dai sensori 226 e sottopone i segnali analogici ad un condizionamento di segnale quale la filtrazione e l'amplificazione nel blocco di condizionamento dei segnali 227. Poi, il sistema di monitoraggio 225

sottopone il segnale analogico ad una conversione da analogico a digitale nel convertitore analogico-digitale 229. Il segnale digitale viene poi multiplato nel multiplatore 231 e viene instradato come dato di ingresso al controllore 233. Il controllore paragona continuamente le ampiezze dei dati dei segnali (e, in alternativa, le velocità di variazione) con soglie prestabilite che sono registrate in memoria. Il controllore 233 fornisce un'uscita attraverso il driver di uscita 235 che fornisce un segnale al sistema di comunicazione 237. In una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, la punta da perforazione downhole 26 include un sistema di comunicazione che è adatto per comunicare uno qualunque o entrambi i dati originali o uno o più segnali di avvertimento ad un sottogruppo vicino nel collare della batteria. Verrebbe poi utilizzato un sistema di comunicazione 237 per trasmettere uno qualunque dei dati originali o dei segnali di allarme a breve distanza attraverso segnali elettrici, o segnali elettromagnetici o segnali acustici. Una tecnica disponibile per comunicare segnali di dati ad un sottogruppo contiguo nel collare della batteria è descritta, illustrata e rivendicata nel brevetto statunitense n. 5129471

concesso il 14 luglio 1992 a nome Howard, con il titolo "Utensile per fori di scavo con accoppiamento ad effetto Hall", che è qui incorporato nella sua interezza mediante questa citazione.

In accordo con la presente invenzione, il sistema di monitoraggio comprende un quantitativo predefinito di memoria che può essere utilizzato per registrare in modo continuo o ad intermittenza i dati dei sensori delle condizioni operative. Questi dati possono essere comunicati direttamente ad un sottogruppo tubolare contiguo, oppure un segnale indicativo composito di guasto può essere comunicato ad un sottogruppo contiguo. In ogni caso, più dati possono essere sostanzialmente campionati e registrati rispetto a quello che viene comunicato ai gruppi contigui per eventuali comunicazioni in superficie attraverso sistemi tecnologici tradizionali di telemetria ad impulsi di fango. È utile mantenere questi dati in memoria per consentire una revisione delle letture più dettagliate dopo che la punta è stata recuperata dal foro di scavo. Queste informazioni possono essere utilizzate dall'operatore per spiegare i log anormali ottenuti durante le operazioni di trivellazione. In aggiunta, esse possono essere usate per aiutare

l'operatore del pozzo di scavo a scegliere particolari punte per cicli futuri nel particolare pozzo.

10. UTILIZZAZIONE DELLA PRESENTE INVENZIONE IN PUNTE DA PERFORAZIONE A FRESE FISSE: la presente invenzione può anche essere impiegata con punte da perforazione downhole a frese fisse. La figura 10 è una vista prospettica di una punta 511 per la perforazione del terreno del tipo a frese fisse che incorpora la presente invenzione. La punta 511 è filettata in 513 nella sua parte superiore per essere collegata ad una batteria da perforazione. Un'estremità fresante 515 ad un'estremità generalmente opposta della punta 511 è dotata di una pluralità di frese metalliche 517 in diamante naturale o sintetico o in metallo duro, disposte attorno all'estremità tagliente 515 per effettuare una disgregazione efficace del materiale della formazione quando la punta 515 viene ruotata in un foro di scavo. Una superficie di calibro 519 si estende verso l'alto a partire dall'estremità tagliente 515 ed è prossima alla parete laterale del foro di scavo e la contatta durante le operazioni di trivellazione della punta 511. Una pluralità di canali o scanalature 521 si estende dall'estremità tagliente 515 attraverso la superficie di calibro 519 per

realizzare un'area di luce per la formazione e la rimozione di frammenti formati dalle frese 517.

Una pluralità di inserti di calibro 523 è prevista sulla superficie di calibro 519 della punta 511. Inserti di calibro taglienti ed attivi 523 sulla superficie di calibro 519 della punta 511 permettono di tagliare attivamente il materiale della formazione sulla parete laterale del foro di scavo per consentire una migliore capacità di mantenimento del calibro in punte da perforazione del terreno del tipo a frese fisse.

La punta 511 è illustrata come una punta PDC ("sinterizzato in diamante policristallino"), ma sono ugualmente utili inserti 523 in altre punte da perforazione a frese fisse o a lame dentate che includono una superficie di calibro atta ad impegnare la parete laterale del foro di scavo.

La figura 11 è una vista in sezione longitudinale frammentaria di una punta da perforazione downhole 511 a frese fisse della figura 10, con filetti 513 ed una porzione di corpo 525. Come illustrato, un foro centrale 527 passa centralmente attraverso la punta da perforazione downhole 511 a frese fisse. Come illustrato, un sistema di monitoraggio 529 è disposto nella cavità 530. Un condut-

tore 531 si estende attraverso la cavità 533 verso accelerometri 535 che sono previsti per misurare in modo continuativo le componenti di accelerazione del corpo 525 della punta lungo gli assi x, y e/o z. Gli accelerometri 535 forniscono una misura continua dell'accelerazione, e il sistema di monitoraggio 529 paragona continuamente l'accelerazione con soglie predefinite di accelerazione che sono state predeterminate per indicare un guasto imminente della punta. Per punte da perforazione downhole a frese fisse, i movimenti vorticosi e di adesione e scivolamento ("*stick-and-slip*") della punta pongono carichi straordinari sul corpo della punta e sulle frese PDC, che possono provocare la rottura della punta. I carichi eccessivi provocano il distacco dei corpi sinterizzati dal corpo della punta, provocando problemi simili a quelli che si incontrano quando si perdono i rulli conici di una punta da perforazione downhole. Altri problemi relativi alle punte da perforazione a frese fisse includono la rotazione fuori piano ("*wobble*") e l'oscillazione ("*walking*") della punta, che sono condizioni operative indesiderabili.

Le punte da perforazione a frese fisse differiscono dalle punte da perforazione a coni rotanti

in quanto alle da perforazione a frese fisse sono solitamente associati intimamente gruppi di direzione e di guida piuttosto complicati, e queste punte vengono utilizzate per realizzare trivellazioni più precise ed efficienti, e sono specialmente utili in operazioni di trivellazione direzionali.

In tali configurazioni può essere vantaggioso collocare i componenti della memoria e del circuito di elaborazione in una posizione che è prossima alla punta da perforazione a frese fisse, ma non effettivamente nella stessa punta. In questi casi può essere opportuno un sistema di comunicazione hardware per passare i dati del sensore ad una posizione all'interno del gruppo perforante per la loro registrazione in memoria ed eventuali operazioni di elaborazione opzionali.

11. OTTIMIZZAZIONE DELLA DISCRIMINAZIONE DEL SENSORE DI TEMPERATURA: nella presente invenzione si realizza una punta da perforazione perfezionata che ottimizza la discriminazione del sensore di temperatura. Questa capacità verrà descritta con riferimento alle figure da 12 a 14. La figura 12 illustra una vista in sezione longitudinale della testa 611 di una punta da perforazione perfezionata 609 illu-

strata relativamente ad una linea centrale 613 della punta da perforazione perfezionata 609. In una punta da perforazione a triconi, il corpo della punta sarà composto da tre teste che vengono saldate assieme. Per chiarezza di descrizione viene illustrata nella figura 12 solo una singola testa 611 della punta.

Quando le teste della punta vengono saldate insieme, si forma un accoppiamento filettato esterno nella parte superiore 607 delle teste della punta da perforazione perfezionata 609. Il processo produttivo utilizzato nella presente invenzione per costruire la punta da perforazione perfezionata è simile per certi aspetti al processo produttivo tradizionale, ma è dissimile sotto altri aspetti al processo produttivo tradizionale. Secondo la presente invenzione, i passi della presente invenzione utilizzati nel forgiare la testa 611 della punta sono passi di forgiatura tradizionali; tuttavia i passi di lavorazione a macchina e di assemblaggio differiscono dallo stato della tecnica come verrà descritto qui di seguito.

Come è illustrato nella figura 12, la testa 611 della punta comprende alla propria estremità inferiore un cuscinetto di testa 615 in cui è for-

mato un anello di cuscinetto 617. Il cuscinetto di testa 615 e l'anello di cuscinetto 617 sono adattati per portare una fresa a rullo conico, e a permettere un movimento rotazionale durante le operazioni di trivellazione della fresa a rullo conico rispetto al cuscinetto 615, in modo tradizionale. Inoltre, la testa 611 della punta è provvista di un ugello 619 che è adatto a ricevere il fluido di perforazione dalla batteria ed a eiettare il fluido di perforazione sulla struttura fresante per raffreddare la punta e per pulirla.

In accordo con la forma di attuazione preferita del procedimento produttivo secondo la presente invenzione, quattro fori vengono ottenuti per lavorazione a macchina nella testa 611 della punta. Questi fori non sono noti nello stato della tecnica. Questi fori sono illustrati in tratteggio nella figura 12 ed includono un filo a tre tubi 621, un alloggiamento di servizio 625, un passaggio 629 per un filo, ed un pozzetto 635 per un sensore di temperatura. Il filo 621 a tre tubi è sostanzialmente ortogonale alla linea centrale 613. Il filo a tre tubi 621 è leggermente allargato in corrispondenza dell'apertura 623 per accogliere in collegamento permanente un tubo impermeabile ai fluidi come ver-

rà descritto in seguito. Il tubo a tre fili 621 comunica con l'alloggiamento di servizio 625 che è adatto a ricevere ed ospitare i componenti elettronici e la relativa alimentazione elettrica secondo la presente invenzione. È previsto un foro 627 per consentire l'accesso all'alloggiamento di servizio 625. Secondo la presente invenzione è previsto un coperchio per permettere l'accesso selettivo all'alloggiamento di servizio 625. Il coperchio non è illustrato in questa figura ma nella figura 21. L'alloggiamento di servizio 625 è accoppiato in comunicazione con il percorso 629 per il filo che si estende verso il basso e verso l'esterno e che termina approssimativamente in un punto mediano della linea centrale 614 del cuscinetto 615 della testa. Il pozzetto 635 per il sensore di temperatura si estende verso il basso a partire dal percorso 629 per il filo. Il pozzetto per il sensore di temperatura è sostanzialmente allineato con la linea centrale 614 della testa 615 del cuscinetto. Il pozzetto 635 per il sensore di temperatura termina in una posizione che è intermedia tra la porzione di coda 633 e il bordo esterno 636 del cuscinetto 615 della testa. Un'apertura di accesso temporaneo 631 è prevista alla giunzione del percorso 629 per il

filo e del pozzetto 635 per il sensore di temperatura. Dopo l'assemblaggio, l'apertura di accesso temporaneo 631 viene chiusa mediante saldatura.

La posizione del pozzetto 635 per il sensore di temperatura è stata determinata dopo uno studio empirico di una varietà di posizioni potenziali per il sensore di temperatura. verrà ora descritto in dettaglio il processo empirico per determinare una posizione per il pozzetto del sensore di temperatura che ottimizzi la discriminazione del sensore delle variazioni di temperatura che sono indicative di possibili guasti della punta. Lo scopo dello studio empirico era di localizzare bene un pozzetto per un sensore di temperatura in una posizione all'interno della testa della punta che costituisca l'equivalente fisico di un filtro "passa-basso" tra il sensore ed una sorgente di calore che possa essere indicativo di rotture. La "sorgente" di calore è il gruppo cuscinetto che genererà calore in eccesso se la tenuta e/o il sistema di lubrificazione vengono compromessi durante le operazioni di trivellazione.

Durante il funzionamento normale in un foro di scavo, la punta da perforazione è esposta ad una varietà di transitori che hanno un certo impatto

sul sensore di temperatura. Variazioni di temperatura nella punta da perforazione provocate da tali transitori non sono indicative di una probabile rottura della punta. I tre transitori più significativi che dovrebbero essere presi in considerazione nella progettazione della punta sono:

(1) transitori di temperatura che vengono prodotti da rapide accelerazioni e decelerazioni della punta da perforazione provocate dai rimbalzi della punta durante le operazioni di trivellazione;

(2) transitori di temperatura che sono associati a variazioni nella velocità di rotazione della batteria di trivellazione che vengono anche incontrate durante operazioni di trivellazione; e

(3) transitori di temperatura che sono associati con variazioni nella velocità del flusso del fluido di perforazione durante operazioni di trivellazione.

Lo studio empirico della punta da perforazione è iniziato (in Fase I) con uno studio empirico del parametro dello spazio di trivellazione in ambiente di laboratorio. Durante questa fase di prova, si è studiato l'impatto sulla discriminazione del sensore di temperatura dovuto a cambiamenti di carico sulla punta, di velocità di trivellazione, di por-

tata del flusso di fluido, e di velocità di rotazione. Il modello della punta da perforazione che è stato sviluppato durante questa fase di studio empirico era in gran parte un modello statico. Un simulatore della trivellazione non può riprodurre le condizioni dinamiche che verranno probabilmente incontrate dalla punta da perforazione sul campo.

Nella fase successiva dello studio (Fase II) una punta da roccia è stata dotata di strumenti con un "sub" di registrazione. Durante questa fase lo spazio del parametro di trivellazione (carico sulla punta, velocità di avanzamento, velocità di rotazione della batteria, e portata del flusso di fluido) è stato esplorato in combinazione con le condizioni di tenuta su una varietà di condizioni di sigillatura, comprendenti:

- (1) condizioni nelle quali non era prevista alcuna tenuta tra la fresa a rulli conici e il cuscinetto della testa;
- (2) condizioni in cui era disposto un elemento di tenuta recante una tacca all'interfaccia della fresa a rulli conici e il cuscinetto della testa;
- (3) condizioni in cui era disposto un elemento di tenuta usurato tra la fresa a rulli conici e il cuscinetto della testa; e

(4) condizioni in cui era disposto un nuovo elemento di tenuta tra l'interfaccia della fresa a rulli conici e il cuscinetto della testa.

Ovviamente la condizione di tenuta numero 1 rappresenta un effettivo guasto della punta, mentre le condizioni di tenuta numeri 2 e 3 rappresentano condizioni di probabile guasto della punta, e la condizione di tenuta numero 4 rappresenta una punta da perforazione funzionante in modo corretto.

Durante lo studio empirico, una punta di prova dotata di strumenti è stata utilizzata al fine di raccogliere informazioni di sensore di temperatura che sono state poi analizzate per determinare la posizione ottimale per un sensore di temperatura allo scopo di determinare la condizione della punta a partire dai soli dati del sensore di temperatura. In altri termini, è stata determinata una posizione per una cavità di un sensore di temperatura determinando la capacità di discriminazione di particolari posizioni per il sensore di temperatura, nell'ambito delle condizioni che rappresentano lo spazio del parametro di trivellazione e la condizione dell'elemento di tenuta.

Durante le prove una testa di una punta è stata provvista di sensori di temperatura in varie po-

sizioni di prova, comprendendo:

(1) una cavità nella zona di coda (*shirttail*) - il pozzetto per il sensore orientato assialmente è stato trivellato in modo tale che la sua linea centrale fosse approssimativamente contenuta nel piano formato dalle linee centrali della punta e con il cuscinetto avente la propria punta centrata in modo appropriato tra la base del premistoppa di tenuta e la superficie del diametro esterno della coda;

(2) una cavità dal lato di pressione - il pozzetto dal lato della pressione è stato collocato in modo simile al pozzetto della coda con una eccezione; la sua punta era collocata proprio vicino all'interfaccia tra il metallo di base e il riporto duro B4 più vicino alla bocca del cono;

(3) una cavità sulla linea centrale - il pozzetto centrale è stato collocato in modo simile ai due precedenti con una eccezione; la sua punta era posizionata sulla linea centrale del cuscinetto a circa metà strada tra la faccia di spinta e la base del perno portante;

(4) una cavità sulla faccia di spinta - il pozzetto sulla faccia di spinta era disposto in modo simile ai tre precedenti con un'eccezione; la punta era disposta vicino all'interfaccia del metallo di base

e il riporto duro B4 vicino alla faccia di spinta su lato di pressione.

La porzione di coda (*shirttail*), per progettazione, non è destinata a contattare la parete del foro di scavo durante le operazioni di trivellazione, e quindi la temperatura rilevata da questa posizione tende a rappresentare la temperatura del fango di perforazione, e la posizione non costituisce la migliore discriminazione per il sensore di temperatura.

Lo studio empirico ha determinato che la cavità dal lato della pressione non era una posizione ottimale per il fatto che veniva raffreddata dal fango di perforazione che scorre attraverso l'intercapedine anulare, e quindi non era una buona posizione per discriminare guasti nella punta basandosi sui soli dati di temperatura.

Nelle prove, il sensore disposto nella cavità dal lato di pressione ha prodotto poche differenze di misurazione quando veniva fatto variare lo spazio del parametro di tenuta; in particolare vi era poca discriminazione tra le condizioni di elemento di tenuta efficiente e rimosso. La cavità sulla faccia di spinta si è rivelata troppo sensibile a transitori quali la accelerazione e decelerazione

assiali dovute al rimbalzo della punta, e quindi non consentirebbe una buona discriminazione da parte del sensore di temperatura per rilevare condizioni di guasto imminente o probabile della punta. La cavità sulla zona di coda si è rivelata sperimentalmente incapace di fornire una buona indicazione di probabili guasti della punta ed era troppo sensibile alla temperatura dell'ambiente del foro di scavo per fornire una buona indicazione di probabili guasti della punta. Lo studio empirico ha determinato che la cavità sulla linea centrale è la posizione ottimale del sensore per una discriminazione ottimale del sensore di temperatura in relazione a probabili guasti della punta in base a soli dati di temperatura.

La figura 13 è una sezione parziale longitudinale di una testa 611 di una punta non finita (non lavorata a macchina) che illustra graficamente la posizione del pozzetto 635 per il sensore di temperatura rispetto alla linea centrale 613 e al piano di riferimento 630 che è perpendicolare ad essa. Come illustrato, il pozzetto 635 per il sensore di temperatura è parallelo ad una linea che è disposta secondo un angolo rispetto al piano di riferimento 630 che è perpendicolare alla linea centrale

613. L'angolo è di 21° e 14 primi rispetto alla linea del piano di riferimento 630. Le dimensioni del pozzetto per il sensore di temperatura (compreso il suo diametro e lunghezza) possono essere determinate dalle dimensioni della figura 13. Questa configurazione rappresenta la forma di realizzazione preferita della presente invenzione, e la disposizione preferita per il pozzetto del sensore di temperatura che è stata determinata empiricamente (come sopra discusso) per ottimizzare la discriminazione del sensore di temperatura riguardo a guasti della punta imminenti o probabili sotto varie condizioni operative stabili e transitorie che la punta incontra solitamente durante le attuali operazioni di trivellazione. È anche importante notare che la posizione del pozzetto per il sensore varierà con le dimensioni della punta. La forma di realizzazione preferita è una punta da perforazione da 9 pollici e mezzo.

In accordo con la forma di realizzazione preferita della presente invenzione, il sensore di temperatura che viene utilizzato per rilevare la temperatura nella punta da perforazione perfezionata è un dispositivo di temperatura a resistenza. Nella forma di realizzazione preferita, un disposi-

tivo di temperatura a resistenza viene posizionato in ciascuna delle tre teste della punta nella posizione che è stata determinata come quella che fornisce una discriminazione ottimale da parte del sensore di temperatura.

La figura 14 è un'illustrazione grafica delle misurazioni compiute utilizzando i sensori i temperatura a termistore per una punta da perforazione della roccia con frese rotolanti su tre bracci. In questa vista, l'asse x rappresenta il tempo in unità di ore, mentre l'asse y rappresenta la temperatura relativa in unità di gradi Fahrenheit. Come illustrato, il grafico 660 rappresenta la temperatura relativa nell'alloggiamento di servizio 635 (della figura 12), mentre il grafico 662 rappresenta la temperatura relativa nella testa numero uno, il grafico 664 rappresenta la temperatura relativa della testa numero due e il grafico 666 rappresenta la temperatura relativa della testa tre. Come è illustrato nella vista della figura 4, la temperatura relativa nella testa due della punta è sostanzialmente elevata rispetto alle temperature delle altre teste della punta indicando un possibile problema meccanico inerente ai sistemi di lubrificazione o di supporto della testa numero due della punta.

12. USO DI UN GRUPPO A TRE-TUBI PER PREDISPORRE CONDUTTORI ALL'INTERNO DI UNA PUNTA DA PERFORAZIONE: nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione, viene utilizzato un nuovo gruppo a tre-tubi per permettere il collegamento elettrico dei vari componenti elettrici portati dalla punta da perforazione perfezionata. Ciò è illustrato nella vista in pianta semplificata nella figura 15. Questa figura mostra i vari percorsi per il filo all'interno di una punta da roccia a triconi costruita secondo la presente invenzione. Come illustrato, la testa 611 della punta comprende un pozzetto 635 per un sensore di temperatura, il quale pozzetto è collegato al percorso 629 per il filo, il quale è collegato all'alloggiamento di servizio 625. L'alloggiamento di servizio 625 è collegato al gruppo 667 a tre-tubi attraverso un percorso i filo 621 a tre-tubi. Le altre teste della punta sono costruite in modo simile. Il pozzetto 665 del sensore di temperatura è collegato al percorso 663 del filo, che è collegato all'alloggiamento 661 di servizio. L'alloggiamento di servizio 661 è collegato attraverso il percorso 659 di filo a tre-tubi al gruppo a tre-tubi 667. Analogamente, l'ultima testa della punta comprende il pozzetto

657 per il sensore di temperatura che è collegato al passaggio 655 per il filo che è collegato all'alloggiamento di servizio 653. L'alloggiamento di servizio 653 è collegato ad un passaggio 651 di filo a tre-tubi che è collegato al gruppo a tre-tubi.

Come illustrato nella vista della figura 15, il gruppo a tre-tubi comprende una pluralità di tubi impermeabili al fluido che permette ai conduttori di passare tra le teste della punta. Nella vista della figura 15, il gruppo a tre-tubi 667 comprende tubi impermeabili ai fluidi 671, 673, 675. Questi tubi impermeabili ai fluidi 671, 673, 675 sono collegati insieme attraverso un connettore 669. Nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione, i tubi impermeabili ai fluidi 671, 673, 675 sono saldati di testa alle teste della punta da perforazione di roccia perfezionata. In aggiunta, i tubi impermeabili ai fluidi 671, 673, 675 sono saldati e sigillati ai connettori 669 a tre-tubi. In questa configurazione, possono essere passati conduttori elettrici tra le teste della punta attraverso il gruppo 667 a tre-tubi. I dettagli della forma di realizzazione preferita del gruppo a tre-tubi sono illustrati nelle figure 16, 17 e 18. Nel-

la vista della figura 16, è illustrato in sezione il passaggio 621 per il filo a tre-tubi. Come illustrato, esso ha un diametro di 0,919 pollici. Il passaggio 621 per il fili a tre-tubi termina con un foro smussato 691 avente una sezione di diametro maggiore. Il tubo impermeabile ai fluidi è saldato di testa in posizione all'interno del foro smussato.

La figura 17 è una rappresentazione grafica del gruppo 667 a tre-tubi. Come qui illustrato, i tubi impermeabili ai fluidi 671, 673, 675 sono collegati ad un accoppiatore triplo 669. Come illustrato, i tubi impermeabili ai fluidi sono distanziati angolarmente in modo sostanzialmente uguale da elementi tubolari impermeabili ai fluidi contigui ad essi. Nella configurazione illustrata nella figura 17, i tubi impermeabili ai fluidi 671, 673, 675 sono disposti secondo angoli di 120° rispetto ai tubi impermeabili ai fluidi adiacenti.

La figura 18 è una rappresentazione grafica di un accoppiatore 669. Come illustrato, tre superfici coniugate presentano orifizi adattati in forma e dimensioni per accogliere i tubi impermeabili ai fluidi 671, 673, 675. Secondo la presente invenzione, i tubi impermeabili ai fluidi 671, 673, 675

possono essere saldati in posizione rispetto all'accoppiatore 669. La figura 19 è una rappresentazione grafica di un coperchio 697 per l'alloggiamento di servizio. Come illustrato, il coperchio 697 per l'alloggiamento di servizio è adattato in dimensioni e forma per coprire le aperture dell'alloggiamento di servizio (quali le aperture 627). Come illustrato, un'apertura filettata 699 è ricavata all'interno del coperchio 697 per l'alloggiamento di servizio. Durante le operazioni di assemblaggio, un interruttore o filo elettrico passa attraverso l'apertura filettata 699 per consentire ad un componente elettrico di essere accessibile dall'esterno della punta da perforazione perfezionata. Un conduttore o i terminali di un interruttore vengono predisposti attraverso una spina tubolare esternamente filettata 700 che viene utilizzata per riempire l'apertura filettata 699, come sarà descritto in seguito.

La figura 20 è uno schema a blocchi ed una illustrazione grafica del cablaggio della forma di realizzazione preferita della presente invenzione. Come illustrato, i bracci 710, 712, 714 della punta portano sensori di temperatura 716, 718, 720. Un modulo elettronico 742 è previsto nel braccio 710

della punta. Tre conduttori vengono fatti passare tra il braccio 710 e il braccio 712 della punta. I conduttori 726, 728 sono previsti per costituire l'uscita dal sensore di temperatura 718 al modulo elettronico 742. Un conduttore 736 è disposto come terminale positivo. Un singolo conduttore 734 è previsto tra il braccio 712 e il braccio 714 della punta: il conduttore 734 è previsto come terminale di batteria (in serie) per i sensori di temperatura 718, 720. Sono previsti tre conduttori tra il ramo 710 e il ramo 714 della punta. I conduttori 730, 732 forniscono dati del sensore al modulo di elettronica 742. Il conduttore 738 costituisce un terminale negativo di batteria tra i sensori 716, 720. Secondo l'invenzione, i conduttori 726, 728, 736, 734, 730, 732 e 738 sono predisposti tra i bracci 710, 71, 714 della punta attraverso il gruppo a tre-tubi sopra discusso. I terminali 746, 748 sono predisposti per consentire prove sull'elettronica e il recupero dei dati memorizzati.

Secondo la presente invenzione, i componenti elettrici portati dal modulo elettronico 742 vengono mantenuti in una condizione operativa di basso consumo di energia elettrica fino a quando la punta non viene calata nel foro di scavo. Un anello di

avvio 744 è accessibile dall'esterno della punta (e viene predisposto attraverso il coperchio dell'alloggiamento di servizio, in particolare attraverso la spina tubolare 700 del coperchio 697 dell'alloggiamento di servizio della figura 19). Quando l'anello di filo 744 viene reciso, i componenti elettronici portati dal modulo elettronico 742 vengono commutati da una modalità operativa di basso consumo ad una modalità operativa di monitoraggio. Ciò preserva la batteria e consente una vita utile in magazzino relativamente lunga per la punta da perforazione della presente invenzione. In alternativa all'anello di filo 744 può essere utilizzato qualsiasi commutatore elettrico tradizionale per commutare i componenti elettronici portati dal modulo elettronico 742 da una modalità operativa di basso consumo energetico ad una modalità operativa di monitoraggio.

Ad esempio, la figura 23 è un'illustrazione in sezione dell'interruttore 750 azionato a pressione che può essere utilizzato invece dell'anello di filo 744 della figura 20. Come è illustrato, la coppia di terminali elettrici 751 termina sull'involucro 752 dell'interruttore di pressione che incapsula e protegge i componenti elettrici

contenuti in esso. Come è illustrato, gli strati conduttivi 753, 754 sono disposti su lati opposti del conduttore 755. I terminali 751 sono collegati elettricamente all'accoppiamento 756 al conduttore 753, 754. Sono previsti spazi 757, 758 tra i conduttori 755 e il conduttore 753, 754. Applicando una pressione all'involucro 752 dell'interruttore si portano a contatto i conduttori 753, 754, 755 chiudendo il circuito attraverso i terminali 751.

La figura 24 è una vista in sezione trasversale semplificata di un interruttore alternativo che può essere utilizzato con una forma di realizzazione alternativa della presente invenzione. Come è illustrato, l'interruttore 1421 è adattato per essere vincolato tramite elementi di fissaggio 1435, 1437 in una cavità 1439 che è formata nel coperchio dell'alloggiamento di servizio. L'interruttore 1421 comprende un involucro 1423 che circonda una cavità 1425 la quale è mantenuta a pressione atmosferica. All'interno dell'involucro 1423 sono previsti contatti 1427, 1429 dell'interruttore i quali sono accoppiati a terminali elettrici 1431, 1433. Quando il dispositivo è mantenuto a pressione atmosferica, i contatti 1427, 1429 dell'interruttore non sono a contatto l'uno con l'altro, tuttavia, quando il di-

spositivo viene calato in un foro di scavo dove la pressione ambientale è più elevata, la pressione deforma l'involucro 1423, inducendo i contatti 1427, 1429 dell'interruttore a contattarsi ed accoppiarsi elettricamente. L'utilizzazione di questo meccanismo interruttore sensibile alla pressione assicura che i componenti elettronici della presente invenzione non vengano attivati fino a quando il dispositivo non viene calato nel foro di scavo e non viene esposto ad una predeterminata pressione ambientale che preferibilmente è di molto maggiore delle pressioni che si verificano in posizioni superficiali dell'impianto petrolifero o gassoso.

Secondo la presente invenzione, ciascuno dei sensori di temperatura nei bracci della punta è rinchiuso in un materiale plastico che permette il trasferimento di carichi e di forze nella punta da perforazione della roccia attraverso il materiale plastico, e permette anche l'esecuzione di prove. Tutto ciò è illustrato in forma semplificata nella figura 22, dove il sensore di temperatura 716 (del braccio 1 della punta) è incapsulato in un corpo cilindrico di plastica 762. I terminali 722, 724, 740 che comunicano con il sensore di temperatura 716 sono accessibile dall'estremità superiore della

capsula 762. Un vantaggio importante della presente invenzione è dato dal fatto che il sistema di monitoraggio della temperatura non è in comunicazione con alcuno dei componenti del sistema di lubrificazione. Pertanto il sistema di monitoraggio della temperatura della presente invenzione può collassare completamente, senza influire negativamente sul funzionamento della punta. Al fine di proteggere i componenti elettrici ed elettronici del sistema di rilevamento della temperatura ella presente invenzione dagli effetti sfavorevoli delle alte temperature, delle alte pressioni, e dei fluidi corrosivi nel gruppo del foro di scavo durante le operazioni di trivellazione, le cavità sono sigillate, depressurizzate e riempite con un materiale impregnante, dove tutti questi accorgimenti servono a proteggere dal danneggiamento i componenti elettrici ed elettronici.

Le fasi di sigillatura e di impregnazione sono illustrate graficamente nella figura 21. Come è illustrato, una sorgente di depressione 770 è collegata alle cavità del braccio uno della punta. Le aperture di accesso per i bracci due e tre sono sigillati e il contenuto delle cavità nella punta viene sgombrato per effettuare una prova di pres-

sione. L'obiettivo della prova di pressione è di mantenere un vuoto di 30 milliTor per un'ora. Se la punta da perforazione della roccia perfezionata secondo la presente invenzione può superare questa prova di depressione, una sorgente di materiale impregnante (preferibilmente materiale impregnante Easy Cast 580) viene collegata dapprima al braccio tre della punta, poi al braccio due della punta mentre la sorgente di depressione 770 viene applicata al braccio uno della punta. La forza di depressione attirerà il materiale impregnante attraverso i percorsi per i conduttori e gli alloggiamenti di servizio della punta da roccia della presente invenzione. Poi, gli alloggiamenti di servizio dei bracci della punta vengono sigillati, assicurando che le cavità per il sensore di temperatura, i passaggi per il filo, e gli alloggiamenti di servizio della punta da perforazione perfezionata della presente invenzione siano mantenuti a pressione atmosferica durante operazioni di trivellazione.

13. PROCEDURE DI FABBRICAZIONE PREFERITE: la figura 25 è una rappresentazione sottoforma di schema di flusso della procedura di fabbricazione preferita della presente invenzione. Il processo comincia al

blocco 801 e continua al blocco 803, dove i tubi tripli vengono posti in posizione rispetto ai pezzi forgiati dei bracci della punta. Poi, secondo il blocco 805, i pezzi forgiati dei bracci della punta vengono saldati insieme. Successivamente, secondo il blocco 807, i tubi tripli vengono saldati di testa in posizione rispetto al gruppo dei bracci della punta attraverso gli alloggiamenti di servizio. Poi, secondo il blocco 809, i conduttori vengono introdotti attraverso il gruppo punta e triplo tubo, come è stato descritto in dettaglio in precedenza. Poi, secondo il blocco 811, i sensori di temperatura vengono bloccati per impregnazione in un materiale termicamente conduttivo. Poi, in accordo con il blocco 813, i sensori di temperatura vengono posti nei pozzetti per sensori di temperatura della punta da perforazione della roccia. Poi, secondo il blocco 815, i terminali dei sensori di temperatura vengono portati negli alloggiamenti di servizio. Secondo il blocco 817, i terminali dei sensori di temperatura vengono resi solidali al modulo elettronico. Poi secondo il blocco 819, il modulo elettronico viene installato nella punta da perforazione della roccia. Poi, in accordo con il blocco 821, il cosiddetto "anello di avviamento"

(anello 744 della figura 20) viene tirato attraverso un coperchio dell'alloggiamento di servizio. Successivamente, secondo il blocco 823, la batteria viene collegata al modulo elettronico. Secondo il blocco 825, vengono installati i coperchi degli alloggiamenti di servizio. Poi secondo il blocco 827, il gruppo viene sottoposto a prova di pressione (come discusso sopra in relazione alla figura 21). Poi, secondo il passo 829, le spine tubolari vengono installate nei coperchi degli alloggiamenti di servizio. Poi, secondo il passo 831, la punta viene riempita di materiale impregnante di bloccaggio (come discusso con riferimento alla figura 21). Poi la funzionalità del gruppo viene verificata secondo il passo 833, e il processo termina al passo 835.

In situ, la punta da perforazione della roccia perfezionata secondo la presente invenzione viene accoppiata ad una batteria da perforazione. Dapprima la punta viene calata nel foro di scavo, l'anello di avviamento viene tagliato, il che commuta il modulo elettronico da una modalità operativa di basso consumo energetico ad una modalità operativa di monitoraggio. La punta viene calata nel foro di scavo, e la formazione rocciosa viene disintegrata per ampliare il foro di scavo, in modo

tradizionale. Durante le operazioni di trivellazione, il modulo elettronico campiona i dati di temperatura e registra i dati di temperatura. I dati possono essere memorizzati per essere recuperati in superficie dopo l'estrazione della punta, o possono essere utilizzati secondo il sistema di monitoraggio e/o sistema di comunicazione della presente invenzione per rilevare una probabile rottura della punta e fornire un segnale che avverte l'operatore del probabile guasto della punta.

14. PANORAMICA DEL MODULO ELETTRONICO: verrà ora presentata, facendo riferimento alle figure 26 e 27, una breve panoramica dei componenti e del funzionamento del modulo elettronico. Secondo la presente invenzione, e come è illustrato nella figura 26, il modulo elettronico della presente invenzione utilizza un oscillatore 901 che ha la propria frequenza di oscillazione determinata da un condensatore 903 e da un resistore 905. Secondo la presente invenzione, il resistore 905 comprende il sensore di temperatura che è collocato in ciascun braccio della punta, e che varia la propria resistenza con le variazioni di temperatura. Conseguentemente, la frequenza dell'oscillatore 901 varierà con le variazioni di temperatura nel braccio della punta.

L'uscita dell'oscillatore 901 è collegata ad un circuito di campionamento 907 e ad un circuito di registrazione 909 che determinano e registrano un valore che corrisponde alla frequenza di oscillazione dell'oscillatore 901, che a sua volta corrisponde alla temperatura nel braccio della punta. Il circuito di registrazione 909 funziona per registrare questi valori nella memoria a semiconduttori 911.

La figura 27 è una rappresentazione grafica della relazione tra l'oscillatore 901, il condensatore 903 ed il resistore 905. In questo grafico, l'asse x rappresenta il tempo e l'asse y rappresenta l'ampiezza dell'uscita dell'oscillatore 901. Come illustrato, la frequenza di oscillazione è inversamente proporzionale al prodotto del valore capacitivo per il condensatore 903 e il valore resistivo del resistore 905. Poiché il valore del resistore 905 (corrispondente al sensore di temperatura a termocoppia) varia con la temperatura, cambierà la frequenza di oscillazione dell'oscillatore 901. Nella figura 27, la curva 917 rappresenta l'uscita dell'oscillatore 901 per un valore di resistenza, mentre la curva 919 rappresenta l'uscita dell'oscillatore 901 per un diverso valore di resi-

stenza. Il circuito di campionamento 907 e il circuito di registrazione 909 possono campionare la frequenza, il periodo, o l'incrocio a zero dell'uscita dell'oscillatore 901 al fine di determinare un valore che può essere mappato riguardo a variazioni di temperatura in un particolare braccio della punta. Secondo la presente invenzione, poiché vengono utilizzati tre diversi sensori di temperatura, un circuito moltiplicatore deve essere utilizzato per moltiplicare i dati del sensore e permettere il campionamento e la registrazione secondo la presente invenzione.

Secondo la forma di realizzazione preferita della presente invenzione, le operazioni di monitoraggio, campionamento e registrazione vengono effettuate da un singolo circuito integrato specifico per l'applicazione (ASIC) che è stato appositamente prodotto per essere utilizzato in operazioni di fori di scavo secondo un accordo di cooperazione di ricerca e sviluppo (noto anche come un "CRADA") tra la Richiedente ed il Oak Ridge National Laboratory in Oak Ridge, Tennessee. I dettagli relativi alla costruzione, al funzionamento, ed alle prestazioni di insieme di questo circuito integrato di applicazione specifica sono descritti ed illustrati in

dettaglio nell'allegato foglio di M.N. Ericson, D.E. Holcombe, C.L. Britton, S.S. Frank, R.E. Lind, T.E. McKnight, M.C. Smith e G.W. Turner, tutti dell'Oak Ridge National Laboratory, che è intitolato "An ASIC-Based Temperature Logging Instrument Using Resistive element Temperature Coefficient Timing". Una copia di una bozza di questo accordo è allegato ed incorporato mediante questa citazione come se fosse riportato qui per esteso. Quella che segue è una descrizione del funzionamento di base dell'ASIC, facendo riferimento alle figure da 30A a 30F, con citazioni estensive prese da tale scritto.

Uno schema a blocchi della tipologia del convertitore temperatura-tempo è illustrato nella figura 29A. Viene generato un impulso a gradini 1511 che viene differenziato usando R_1 e C_1 producendo un impulso 1513 che viene applicato all'amplificatore 1515. Il contatore ad N-bit viene avviato da una condizione di azzeramento quando l'impulso viene emesso. L'impulso differenziato viene tamponato e fatto passare attraverso un altro differenziatore formato da C_2 e R_{sensor} . Questa doppia differenziazione dà luogo ad un impulso bipolare con un tempo di incrocio a zero descritto dall'equazione illustrata nella figura 29A, dove T_1 e t_2 sono le costanti di

tempo associate con R_1C_1 e $R_{\text{sensor}}C_2$ rispettivamente. R_{sensor} è un sensore resistivo con un coefficiente di temperatura noto. Un comparatore di incrocio a zero 1517 rileva l'incrocio a zero ed emette in uscita un segnale di arresto per il contatore 1519. Il valore finale del contatore è la rappresentazione digitale della temperatura. Tramite un'appropriata selezione della frequenza timebase, il punto di incrocio a zero è indipendente dall'ampiezza del segnale, per cui si elimina il bisogno di una sorgente di impulsi di tensione ad elevata precisione o di tensioni di alimentazione di corrente a temperatura stabile. In aggiunta, non è richiesta alcuna fase di guadagno nel circuito per avere una funzione di guadagno precisa rispetto alla temperatura.

Come dimostrato nell'equazione della figura 29A, questo procedimento di misurazione comporta una certa compressione logaritmica che la rende appropriata per misurazioni su gamme ampie che coprono diverse decine di variazioni di resistenza. La scelta del tipo di elemento resistente giocherà un ruolo dominante nella gamma di misurazioni e sia nel profilo di risoluzione. Il circuito descritto nella sezione precedente è integrato in un sistema di misurazione secondo la presente invenzione. La

figura 29B traccia il profilo di uno schema a blocchi del sistema. Questa unità consiste di quattro canali di misurazione front-end 1521, 1523, 1525, 1527, un controllore digitale 1529, due circuiti timebase 1531, un circuito di startup 1533, una memoria non volatile 1535, e circuiti di gestione della corrente di alimentazione 1537, 1539. L'elettronica di front-end è stata integrata in un singolo chip comprensivo di quattro canali di misurazione: tre per la registrazione automatica (logging) della temperatura in posizione remota, ed uno per il logging di temperatura dell'unità elettronica. il controllo per il sistema è stato integrato in un altro ASIC (HC-DC). Il circuito è stato progettato per consentire una vita utile di immagazzinamento significativa, sia prima che dopo l'uso. L'incorporazione di una modalità "off" permette all'unità di essere installata e collegata ad una batteria prelevando meno di $10\mu\text{A}$. La raccolta di dati viene iniziata interrompendo l'anello di startup (recidendo il filo in questo caso). L'unità funziona per 150 ore prelevando campione ogni 7,5 minuti, generando una media campione 512 per ciascun canale e memorizzando la media in una memoria non volatile 1529. Un operazione di campionatura

(che genera una media campione 512 per ciascun canale) richiede circa 20 secondi. Nel tempo che intercorre tra il prelievo di campioni (circa 410 secondi), l'unità viene posta in modalità di funzionamento ad energia ridotta dove l'elettronica di front-end 1521, 1523, 1525, 1527 viene portata su off, e il sequencer di modulo 1541 conta solamente gli impulsi di clock a bassa frequenza. Vengono utilizzati due circuiti oscillatori. Un oscillatore ad alta frequenza fornisce un clock ad 1 MHz per il conteggio del tempo di incrocio a zero. Un oscillatore a bassa frequenza funzionante in continuo a 16KHz fornisce il tempo di base per il sistema controllore. Dopo 150 ore di funzionamento, l'unità ritorna in modalità sleep. I dati vengono poi recuperati in un tempo successivo dall'unità utilizzando l'interfaccia PC 1543. L'utilizzazione della memoria non volatile 1529 permette di recuperare i dati nel corso degli anni ed elimina la necessità di mantenere la corrente all'unità dopo il completamento della memorizzazione dei dati.

L'elettronica di front-end consiste di quattro circuiti identici di incrocio a zero 1551, 1553 (per semplificare la descrizione ne sono illustrati solo due) ed un generatore Vmid 1555, come illu-

strato nella figura 29C. L'uscita del primo differenziatore 1557 è distribuita a tutti e quattro i canali. Il segnale viene poi memorizzato/amplificato e fatto passare attraverso un altro differenziatore che produce l'incrocio a zero. Un comparatore di incrocio a zero 1559, 1561, con circa 8mV di isteresi produce un'uscita digitale quando il segnale viene incrociato attraverso Vmid. Vmid viene generato a circa il punto di metà tra Vdd e Vss utilizzando un semplice divisore a resistenza. Il suo valore non deve essere generato con precisione e può variare nel tempo e con la temperatura poiché ciascun intero canale lo utilizza come riferimento. Amplificatori tampone 1571, 1573, 1575, 1577 vengono utilizzati attorno a ciascuna costante di tempo per impedire l'iterazione.

L'elettronica di front-end è stata implementata come un ASIC ed ha funzionato correttamente sul primo silicio. È stato effettuato un secondo ciclo di fabbricazione che incorporava due rinforzi (enhancements) per migliorare la precisione di misura con costanti di tempo lunghe e temperature elevate. Con vincoli di tempo ampi il segnale di incrocio a zero può avere una piccola pendenza che fa sì che l'incrocio a zero presenti un cammino (walk) ecces-

sivo a causa dell'isteresi del comparatore di incrocio a zero. In aggiunta i sensori ad impedenza elevata producono un incrocio molto basso che fa aumentare la suscettibilità al rumore indotto. È stato aggiunto del guadagno (3X) per aumentare sia la pendenza che la profondità del segnale di incrocio a zero. A temperature elevate, le correnti di perdita (dominate da perdite per tamponi protettivi "pad protection leakage") e gli "opamp offsets" dipendenti dalla temperatura aggiungono un ulteriore errore mediante aggiunta di un offset in corrente continua ("dc offset") al segnale di incrocio a zero. Il circuito di autozero 1581 illustrato nella figura 29D è stato anche aggiunto all'ASIC originale di front-end per diminuire l'effetto di queste sorgenti di errori di misurazioni. Essendo costituito da un semplice interruttore e condensato, la tensione di uscita dell'amplificatore buffer (che contiene gli errori di offset associati sia all'offset dell'amplificatore buffer e alla corrente di perdita nell'elemento resistivo dipendente dalla temperatura) viene memorizzata sul condensatore dopo che il canale viene portato su "on" ma prima dell'emissione dell'impulso di avvio. Alcuni microsecondi prima che venga emesso l'avvio,

l'interruttore viene aperto e il comparatore di incrocio a zero riferisce il segnale di incrocio a zero con il valore autoazzerato che elimina in modo efficace gli errori di offset associati con la fase precedente. L'accoppiamento "ac" presentato da ciascuno dei differenziatori elimina gli offset in corrente continua provenienti dalle fasi di ingresso T1 purché gli errori di offset non siano così ampi da causare una limitazione di segnale.

Le operazioni a bassa potenza vengono effettuate prevedendo un controllo di bias individuale per ciascuno dei canali di front-end. Ciò consente al controllore del sistema di ridurre la potenza su tutto il front-end mentre si trova in modalità sleep, e di energizzare separatamente ciascun canale in una modalità di raccolta dati così da mantenere il consumo di energia sui livelli minimi. Poiché i canali sono portati su "off" tra le misurazioni, le correnti di perdita possono provocare la generazione di tensioni notevoli sul nodo del sensore. Ciò può costituire un problema quando la resistenza del sensore è grossa e può provocare ritardi di misurazioni quando il canale si trova su "on" poiché bisogna dare tempo al nodo di scaricarsi. L'incorporazione di un resistore di valore bas-

so che può essere inserito quando i canali sono su "off" (vedere R_{p0} e R_{p3} nella figura) hanno eliminato questa difficoltà.

Tutti gli elementi passivi associati con T_1 e T_2 sono stati posti esternamente all'ASIC a causa del controllo di tolleranza ridotto e dell'elevato coefficiente di temperatura dei resistori disponibili e per lo scarso controllo di tolleranza e la gamma di valori limitata di poli-condensatori doppi in processi standard CNOS. Sono stati usati condensatori COG sia per T_1 e T_2 e per T_1 è stato usato un resistore a pellicola con spessore 1% (100 ppm/°C).

Il sequenziatore di modulo 1541 (della figura 29B) è la macchina di controllo dello stato del sistema ed è responsabile per un certo numero di funzioni, comprendenti: la determinazione del momento in cui effettuare le misurazioni, l'abilitazione del bias ed il pulsing separato di ciascun canale di front-end, l'abilitazione del clock ad alta frequenza, il controllo e l'elaborazione dei dati raccolti, e il sequenziamento del controllore a memoria non volatile. La figura 29E mostra il controllo di base della macchina di stato associata con una conversione a canale singolo. Per resettare appropriatamente gli amplificatori e portare su on il

bias sul front-end sono stato emessi R4BR e CHXBIA. Viene poi portato basso il thermsw che esclude i resistori in parallelo con i termistori. L'orologio ad alta velocità viene poi avviato usando HSCKEN, la funzione di autozero disattivata (AZ) e viene emesso l'impulso di avvio START PULSE. Il STOPENX viene ritardato leggermente dall'emissione dell'impulso di start per impedire una falsa attivazione (*firing*) dei discriminatori di incrocio a zero durante l'emissione dell'impulso di start. Dopo che è trascorso il tempo necessario per l'incrocio a zero, R4BR e THRMSW vengono riportati nella condizione di inizializzazione, l'autozero viene abilitato e l'oscillatore disabilitato. Questa funzione viene effettuata per ciascuno dei quattro canali, e poi il ciclo viene effettuato 256 volte. Mentre la campionatura ha luogo, la media viene generata e quando è completa il sequenziatore di modulo controlla la scrittura del pacchetto NVRAM. Vengono utilizzati dei contatori per determinare quando deve essere iniziata la campionatura, quanti campioni sono stati applicati per un valore di media, e quanti pacchetti di campioni di media sono stati memorizzati nella memoria. Quando il numero complessivo di campioni di media è stato rac-

colto e memorizzato, l'unità disabilita l'oscillatore a bassa frequenza e passa ad una modalità di energia ridotta. A questo punto non occorre alcuna energia e la batteria di alimentazione può essere allontanata senza influire sui dati memorizzati.

Il modulo di raccolta dati consiste di quattro contatori da 10bit 1591, 1593, 1595, 1597, un addizionatore digitale shared 1599, e i chiavistelli necessari (accumulatore) 1601 per memorizzare i dati per il conteggio e la media "*pipelined*", come è illustrato nella figura 29F. La media viene determinata prelevando i 10 bit più significativi della somma campione 256. Ciascun contatore ha una abilitazione all'arresto individuale per impedire impulsi di arresto erronei durante il fronte avanzato dell'impulso di avvio. Se non viene rilevato un segnale di incrocio a 0, i contatori passano in *overflow* ad una condizione con tutti 1.

15. OTTIMIZZAZIONE DEL MONITORAGGIO DEL SISTEMA DI LUBRIFICAZIONE: un altro scopo della presente invenzione è di realizzare un sistema di monitoraggio della lubrificazione che ottimizzi il rilevamento del degrado del sistema di lubrificazione, con molto anticipo rispetto a guasti nel sistema di lubri-

ficazione, che sia di funzionamento relativamente semplice, ma altamente affidabile in esercizio. L'obiettivo di un tale sistema è di realizzare un'indicazione affidabile della velocità di declino del fattore di vita utile della punta da perforazione perfezionata della presente invenzione. Al fine di determinare il sistema ottimale di monitoraggio della lubrificazione, sono stati esaminati empiricamente diversi sistemi di monitoraggio per determinare le loro relative capacità di discriminazione dei sensori. Tre particolari sistemi di monitoraggio della condizione di lubrificazione potenziale sono stati esaminati, comprendendo:

- (1) l'ingresso di fluidi di trivellazione nel sistema di monitoraggio della lubrificazione;
- (2) il rilevamento della presenza di detriti di usura provenienti dal cuscinetto nel sistema di lubrificazione;
- (3) gli effetti del taglio di lavoro sul lubrificante nel sistema di lubrificazione.

Un altro importante obiettivo di un sistema di monitoraggio della lubrificazione è di avere un sistema che funzioni, quanto più possibile, in modo simile al sistema ottimizzato di rilevamento della temperatura sopra descritto.

La figura 28 è una rappresentazione in schema a blocchi e con un disegno circuitale di questo concetto. Come è illustrato, nell'oscillatore 901 vi è una frequenza di oscillazione che è determinata dal valore capacitivo di un condensatore variabile 903 e da un valore di resistenza noto per il resistore 905. In altre parole, è stato un obiettivo del sistema di monitoraggio ottimizzato della lubrificazione secondo la presente invenzione realizzare un sistema di monitoraggio che possa determinare il declino nella vita utile di servizio del sistema di lubrificazione tramite la sorveglianza della capacità di un componente elettrico annegato nel lubrificante. Secondo questo modello, le variazioni nella costante dielettrica del lubrificante produrranno variazioni nella capacità complessiva del condensatore variabile 903, che produrrà variazioni nella frequenza dell'uscita dell'oscillatore 901. L'uscita dell'oscillatore 901 viene campionata dal circuito di campionamento 907, e registrata nella memoria a semiconduttori 911 tramite il circuito di registrazione 909.

Nelle prime fasi del processo di creazione del modello, si è determinato che un sistema che dipendeva dal rilevamento dell'ingresso di fluido di

trivallazione nel sistema di lubrificazione o dalla presenza di attriti di usura nel cuscinetto nel sistema di lubrificazione non forniva, e non avrebbe fornito, un'indicazione di rotture sufficientemente tempestiva per essere di alcun valore. Pertanto, lo sforzo di creazione del modello è continuato esaminando la capacità di discriminazione ottimale di monitorare gli effetti del taglio di lavoro sul sistema di lubrificazione e sul lubrificante. Il processo di creazione del modello è continuato esaminando i seguenti indicatori potenziali di degrado del sistema di lubrificazione dovuti agli effetti del taglio di lavoro sul lubrificante:

- (1) la presenza o l'assenza di composti organici nel lubrificante, come determinato da spettrometria ad infrarossi;
- (2) la presenza o l'assenza di componenti metallici, come determinato dallo spettro di emissione proveniente dal lubrificante;
- (3) il contenuto d'acqua nel lubrificante come determinato dall'analisi di Fisher; e
- (4) i numeri totali di acidità per il lubrificante.

Si è determinato che, se i condensatori di monitoraggio del grasso fossero dimensionati per produrre valori di circa 100 E-12 F (con grasso stan-

dard tra le piastre), allora il circuito per la misurazione della temperatura sopra descritto potrebbe essere agevolmente adattato per il monitoraggio delle condizioni operative del sistema di lubrificazione.

È stata eseguita una serie di esperimenti nei quali la capacità del grasso CA7000 è stata determinata come una funzione della contaminazione del fluido di trivellazione (fluidi a base di olio e a base di acqua con frazioni in volume 0,1 e 0,2) della frequenza (1KHz - 2mHz) e della temperatura (68F-300F). Sono state tratte diverse conclusioni dalle prove, come segue:

- (1) quando il CA7000 era contaminato con un fluido a base di olio con frazione di volume 0,1, i valori di capacità aumentavano di circa il 5% (rispetto al CA7000 puro). Aumenti di circa il 100% sono stati registrati quando veniva aggiunto una frazione in volume di 0,2 di fluido a base di acqua. In generale, la capacità era correlata in modo inversamente proporzionale alla frequenza; le frequenze basse sono preferite per la discriminazione massima; e
- (2) nelle prove, le variazioni di ripetibilità e di riproducibilità erano inferiori di circa il 1,5%; pertanto le variazioni erano abbastanza piccole da

suggerire che le misurazioni della capacità del grasso potrebbero rappresentare una via fattibile per giudicare i livelli di contaminazione del grasso maggiori di una frazione in volume di 0,1 sia di fluidi a base d'olio che a base di acqua.

La figura 30A è una rappresentazione grafica di variazioni di capacità rispetto alla frequenza per un grasso CA7000 contaminato con fanghi a base d'olio e con fanghi a base d'acqua, dove l'asse X rappresenta la frequenza in Kilohertz, e con l'asse Y che rappresenta la percentuale della variazione di capacità. La curva 1621 rappresenta i dati per la contaminazione del grasso con una frazione in volume di 0,1 di un fango da trivellazione a base di olio. La curva 1625 rappresenta i dati per la contaminazione del grasso con una frazione in volume di 0,2 di un fango a base di olio. La curva 1625 rappresenta i dati per la contaminazione del grasso con una frazione in volume 0,1 di un fango a base di acqua. La curva 1627 rappresenta i dati della contaminazione del grasso con una frazione in volume di 0,1 di un fango a base di olio. Tutte le misurazioni mostrate nel grafico della figura 30A sono misurazioni che sono relative a grasso incontaminato. I dati mostrano (1) che per la gamma di

frequenze testate, la discriminazione è massima ad un 1 Kiloherzt; (2) che è richiesta una discriminazione di circa il 5 per cento (5% della capacità misurata del CA7000 puro) per rilevare la presenza di una frazione in volume di 0,1 di fango a base di olio; e (3) che è richiesta una discriminazione del 50% per rilevare una frazione in volume di 0,1 di un fango a base di acqua. L'effetto di contaminazione di fango a base di acqua sul grasso è certamente più pronunciato dell'effetto della contaminazione da fango a base di olio.

La figura 30B è una rappresentazione grafica della frequenza rispetto alla variazione percentuale di capacità, dove l'asse X rappresenta la frequenza e l'asse Y rappresenta la percentuale di variazione di capacità. Le curve 1631, 1633 rappresentano i dati per la ripetibilità e la riproducibilità di misurazioni di capacità per contaminazioni del grasso di frazioni dello 0,1% in volume da parte di fanghi a base di olio. I dati sono mostrati per una temperatura di 50° centigradi. I dati suggeriscono che le misurazioni di capacità possono essere ripetute e riprodotte all'interno da una variazione percentuale di circa 1,5 per cento. Pertanto, dato che i margini di ripetibili-

tà/riproducibilità sono minori della discriminazione minima, sembra fattibile rilevare una contaminazione secondo una frazione di 0,1 in volume del grasso per effetto di fanghi di trivellazione a base di olio.

La figura 30C è una rappresentazione grafica della contaminazione rispetto al numero totale di acidità per fanghi a base di olio e sia per fanghi a base di acqua. In questo grafico, l'asse X rappresenta la frazione in volume di contaminazione nel grasso CA7000, mentre l'asse Y rappresenta il numero totale di acidità in unità di milligrammo per grammo. I risultati di questa prova indicano che il numero totale di acidità fornirà verosimilmente un'indicazione della contaminazione del grasso.

La figura 31 è una rappresentazione illustrativa semplificata del posizionamento di un sensore capacitivo 903 all'interno del lubrificante 915 del serbatoio 919 del sistema di lubrificazione. Il lubrificante 915 si infiltra tra le piastre del condensatore 903 ed inficia la capacità del condensatore 903 quando il numero totale di acidità del lubrificante varia a causa dell'ingresso e del taglio di lavoro durante operazioni di trivellazione. Come

illustrato, una paratia (bulk head) tradizionale a pressione 920 viene utilizzata sulla parete 917 del serbatoio del sistema di lubrificazione.

16. SISTEMA DI AVVERTIMENTO A SFERA ERODIBILE: la forma di realizzazione preferita della punta da perforazione perfezionata ella presente invenzione comprende inoltre un sistema di comunicazione meccanica relativamente semplice che fornisce un segnale semplice che può essere rilevato in una posizione di superficie e che può dare un avvertimento di un guasto probabile o imminente della punta da perforazione durante operazioni di trivellazione. In termini ampi, questo sistema di comunicazione comprende almeno una sfera erodibile, solubile o deformabile (in seguito denominata "sfera erodibile") che viene vincolata in posizione rispetto alla punta per la perforazione di roccia perfezionata della presente invenzione attraverso un sistema di fissaggio ad azionamento elettrico. Preferibilmente la sfera erodibile è mantenuta in una posizione fissa rispetto ad un percorso di flusso attraverso la punta da perforazione che viene utilizzato per dirigere il fluido di trivellazione dal foro centrale della batteria da trivellazione ad un ugello sulla punta. In modo tradizionale, l'ugello della

punta viene utilizzato per dirigere del fluido di trivellazione sul fondo del foro di scavo e sulla struttura tagliente per rimuovere i detriti e per raffreddare la punta.

La figura 32A è una rappresentazione semplificata in schema a blocchi del sistema di monitoraggio a sfera erodibile della presente invenzione. Come illustrato, un sistema di comunicazione 1001 a sfera erodibile è previsto in adiacenza ad un percorso di flusso del fluido 1009 che fornisce un fluido di trivellazione 1011 all'ugello 1013 della punta e che produce un getto di fluido ad alta pressione 1015 che serve per pulire e raffreddare la punta da perforazione durante operazioni di trivellazione. Come è illustrato, il sistema di comunicazione 1001 a sfera erodibile include una sfera erodibile 1003 che è vincolata all'interno di una cavità 1007 disposta in adiacenza al percorso di flusso 1009. La sfera erodibile 1003 è fissata nella sua posizione all'interno della cavità 1007 mediante un sistema di fissaggio 1005 attivabile elettricamente, ma la sfera erodibile 1003 è anche spinta meccanicamente dall'elemento di spinta 1008 che può includere una molla o un altro dispositivo meccanico in modo tale per cui al rilascio della

sfera erodibile 1003 da parte del sistema di vincolo 1005 ad azionamento elettrico, la spinta meccanica 1008 fa passare la sfera erodibile 1003 nel percorso di flusso 1009 la quale sfera viene spinta dal fluido di trivellazione 1011 in contatto con l'ugello 1013 della punta. La sfera erodibile 1003 è dimensionata in modo tale da essere alloggiata in posizione all'interno dell'ugello 1013 della punta fino a quando la sfera non sia erosa, sciolta, o deformata dalla pressione e/o dal fluido agente sulla sfera.

Il sistema di vincolo azionabile elettricamente 1005 è adattato per vincolare in posizione la sfera erodibile 1003 fino a quando non viene ricevuto un segnale di comando proveniente da un controllore in sotto-superficie portato dalla batteria di trivellazione. In termini semplificati, il sistema di fissaggio attivabile elettricamente include un ingresso 1021 ed un interruttore azionato elettricamente 1019, quale un transistor, che può essere attivato elettricamente tramite un segnale di comando per permettere ad una corrente elettrica di passare attraverso un elemento frangibile o fusibile 1017 che è all'interno del percorso della corrente, e che costituisce parte del sistema mec-

canico che trattiene la sfera erodibile 1003 in posizione fissa.

Secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, il connettore elettricamente frangibile o fusibile 1017 può comprendere una corda di materiale Kevlar che può essere disintegrata applicandovi corrente. In alternativa, il connettore elettricamente frangibile o fusibile può comprendere un legame meccanico fusibile che fissa una corda in posizione rispetto alla punta da perforazione.

Nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione, la sfera erodibile 1003 è adattata con una pluralità di scanalature circonferenziali ed una pluralità di fori che si estendono attraverso di essa che permettono al fluido di trivellazione 1011 di passare oltre e/o attraverso la sfera erodibile 1003 per provocarne la dissoluzione o la disintegrazione in un intervallo di tempo minimo.

La figura 32B è una rappresentazione illustrativa di una sfera erodibile 1003 alloggiata in posizione rispetto all'ugello 1013 della punta. Come è illustrato, le gole circonferenziali 1031, 1033 sono previste sulla superficie esterna della sfera

erodibile 1003. Nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione, le scanalature circolari 1031, 1033 si intersecano l'una con l'altra in posizioni predeterminate; come è illustrato nella figura 32B, l'intersezione preferita è un'intersezione ortogonale. In forme di realizzazione alternative, le gole circolari possono essere disposte secondo configurazioni o posizioni differenti l'una rispetto all'altra. In aggiunta, sono previste aperture che si estendono attraverso la sfera erodibile 1003. Nella vista della figura 32B, le aperture 1035 e 1037 sono illustrate come estendentesi interamente attraverso la sfera erodibile 1003 e si intersecano l'una con l'altra in un punto mediano all'interno della sfera erodibile 1003. Nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione, sono previste tre aperture reciprocamente ortogonali attraverso la sfera erodibile 1003. Secondo configurazioni alternative, può essere previsto un numero maggiore o minore di aperture all'interno della sfera erodibile 1003 per ottenere il tempo di erosione necessario per la particolare applicazione.

Le figure 32C e 32D forniscono viste dettagliate della forma di realizzazione preferita della

sfera erodibile 1003 della presente invenzione. Come è illustrato nella figura 32C, le scanalature circonferenziali 1031 e 1033 sono scanalature piuttosto profonde. Preferibilmente ciascuna delle scanalature circonferenziali ha un diametro di 0,32 pollici. Nella forma di realizzazione preferita, la sfera erodibile 1003 ha un diametro di 0,688 pollici. In aggiunta, le aperture 1035, 1037 hanno un diametro di 0,063 pollici.

Come è illustrato nelle figure 32C e 32D, la sfera erodibile 1003 ha tre piani di simmetria. Questa simmetria è prevista per assicurare che il fluido di trivellazione passi attraverso e sopra la sfera a prescindere la dalla posizione in cui la sfera è alloggiata rispetto all'ugello della punta. La forma sferica della sfera erodibile 1003 è stata scelta perché la sua efficacia è indipendente dall'orientamento con cui è sistemata. La forma di realizzazione preferita della sfera erodibile 1003 utilizza sia le scanalature circonferenziali e le aperture che si estendono attraverso la sfera erodibile 1003 come percorsi di flusso del fluido. Quando il fluido di trivellazione passa sopra e attraverso la sfera erodibile 1003, l'erosione avviene dall'esterno verso l'interno così come

dall'interno verso l'esterno. Nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione, la sfera erodibile 1003 è formata in materiale di bronzo, ed ha le dimensioni relative come illustrato nella figura 32D. Questa particolare dimensione, composizione di materiale e configurazione assicura un "tempo di residenza della sfera" erodibile all'interno dell'ugello della punta compreso tra 300 secondi e 1200 secondi. L'occlusione temporanea di almeno un ugello della punta nella punta da perforazione perfezionata genera una variazione di pressione che può essere rilevata in superficie nella maggior parte degli impianti di trivellazione sottoforma di aumento di pressione nel foro centrale e/o diminuzione di pressione nell'intercapedine anulare.

La figura 32E è una rappresentazione grafica di un differenziale di pressione che può essere rilevato alla superficie dell'impianto di trivellazione utilizzando sensori di pressione tradizionali. Come è illustrato, l'asse X rappresenta i tempi, l'asse Y rappresenta il differenziale di pressione rilevato dai sensori di pressione di superficie. Come è illustrato, sono previsti due picchi di pressione consecutivi 1041, 1043 ciascuno avente

una durata di tempo minimo di residenza di almeno 300 secondi. Se il rilascio delle sfere erodibili avviene in tempi appropriati, le sfere erodibili schierate consecutivamente daranno luogo, insieme, ad un intervallo minimo di variazione di pressione di 600 secondi, che può essere facilmente rilevato in superficie, e che può essere differenziato da altre condizioni di pressione transitorie che sono dovute a condizioni di trivellazione o del foro di scavo.

Come è illustrato nella figura 32E, tutto ciò che si richiede è che la variazione di pressione sia superiore ad una soglia di pressione, e che ciascun picco di pressione 1041, 1043 abbia una durata minima.

Secondo la presente invenzione, il sistema di fissaggio preferito comprende un materiale frangibile, quale una corda in Kevlar, o un collegamento metallico fusibile che serve per vincolare in posizione un elemento a chiavistello, quale un elemento di fissaggio o una corda. Quando viene utilizzato un elemento fusibile, la punta da perforazione perfezionata della presente invenzione può conservare l'energia utilizzando una combinazione di (1) corrente elettrica, e (2) aumento di temperatura nella

punta da perforazione provocato dal probabile guasto della punta, in conseguenza del degrado del cuscinetto portante o del sistema di lubrificazione associato, per innescare il rilascio della sfera erodibile.

Ad esempio, un collegamento fusibile può richiedere un certo quantitativo di energia elettrica per cambiare lo stato del legame da metallo solido ad uno stato liquido o semi-liquido. Un certo quantitativo di energia elettrica che verrebbe altrimenti richiesto per cambiare lo stato del legame fusibile, può essere fornito da un atteso aumento di temperatura nel componente che viene monitorato. Ad esempio, un aumento di temperatura di un certo numero di gradi può essere attribuito alla condizione che viene monitorata, quale un degrado nel cuscinetto portante che provoca un incremento della temperatura locale in quel particolare braccio della punta. L'energia rimanente può essere provvista fornendo una corrente elettrica al legame fusibile per completare l'operazione di fusione.

17. SISTEMA DI COMUNICAZIONE A VARIAZIONE DI PRESSIONE PERSISTENTE: le figure 33 e 34 sono viste di un sistema di comunicazione alternativo che utilizza una valvola controllabile elettricamente per

controllare o bloccare il flusso di fluido tra il foro centrale della batteria da trivellazione e l'intercapedine anulare. La figura 33 è una vista semplificata del funzionamento del sistema di comunicazione a variazione persistente di pressione della presente invenzione. Come è illustrato, il corpo 2001 della punta separa il percorso di flusso centrale 2003 dal percorso di flusso di ritorno 2005. Il percorso di flusso centrale 2003 è un percorso di flusso definito entro una superficie interna all'interno del corpo 2001 della punta. Tipicamente il percorso di flusso centrale 2003 fornisce il fluido di trivellazione ad almeno un percorso di un ugello della punta portato all'interno del corpo della punta 2001 per eiettare il fluido di trivellazione nel foro di scavo per raffreddare la punta da perforazione e per rimuovere i detriti dal fondo del foro di scavo. Il percorso di flusso di ritorno 2005 è disposto all'interno della regione anulare 2009 che è definita tra il corpo 2001 della punta e la parete le foro (che non è illustrata in questa vista). Un percorso di flusso 2001 del segnale è formato all'interno del corpo 2001 della punta che può essere utilizzato per permettere in modo selettivo la comunicazione di fluido tra il

percorso di flusso centrale 2003 ed il percorso di flusso di ritorno 2005. Come è ben noto, vi è un differenziale di pressione tra il percorso di flusso centrale 2003 ed il percorso di flusso di ritorno 2005 durante operazioni di trivellazione. La presente invenzione trae vantaggio di questo differenziale di pressione permettendo in modo selettivo la comunicazione di fluido attraverso il percorso di flusso di segnale 2011 quando si desidera generare una variazione di pressione persistente che può essere rilevata alla superficie del foro di scavo. Il dispositivo 2013 di controllo del flusso attivabile in modo selettivo è disposto all'interno del percorso di flusso 2011 del segnale ed è previsto per controllare il flusso di fluido attraverso il percorso di flusso del segnale fino a quando non viene rilevata una predeterminata condizione operativa dal sistema di monitoraggio e di controllo. Preferibilmente il dispositivo 2013 di controllo del flusso attivabile selettivamente, è un dispositivo attivabile elettricamente che può essere disintegrato, disciolto o "esploso" quando si desidera la segnalazione. La forma di realizzazione preferita del dispositivo 2013 di controllo del -flusso attivabile in modo selettivo è presentata nella

vista schematica a blocchi semplificata della figura 33. Come è illustrato, il dispositivo di controllo del flusso attivabile selettivamente include una pluralità di elementi strutturali 2015, 2017, 2019 che sono trattenuti insieme in una matrice di materiale 2021 che si trova allo stato solido fino a quando non viene attivata termicamente o elettricamente per cambiare fase sia ad uno stato liquido, stato gassoso, o che può essere fratturato o frammentato dall'applicazione di corrente elettrica all'elemento riscaldatore 2023 tramite terminali 2025, 2027. Durante il funzionamento, la matrice 2021 trattiene insieme il materiale formando una spina sostanzialmente impermeabile ai fluidi che blocca il percorso di flusso del segnale 2011 fino a quando una corrente elettrica non viene fornita ai terminali 2025, 2027 per fratturare, frammentare o cambiare la fase della matrice 2021, che permetterà al fluido di passare tra la regione interiore della punta e la regione anulare.

La figura 36 è una rappresentazione illustrativa del dispositivo di controllo 3002 del flusso attivabile in modo selettivo che può essere utilizzato per sviluppare una variazione persistente di pressione per comunicare segnali in un foro di sca-

vo. Come è illustrato, il dispositivo attivabile in modo selettivo 3002 è collocato su una porzione superiore del corpo 3001 della punta ed è utilizzato per permettere in modo selettivo la comunicazione di fluido tra una regione interiore 3005 del corpo 3001 della punta ed una regione anulare che circonda il corpo della punta. La figura 37 è una vista in sezione trasversale dei componenti preferiti che fanno uso di questo dispositivo selettivamente attivabile 3002. Come è illustrato, un elemento pieno 3003 di trattenimento dell'ugello è adattato per vincolare in posizione un ugello deviatore 3004 che viene trattenuto in posizione da anelli a scatto 3009, 3011. L'interfaccia tra l'elemento pieno 3003 di trattenimento dell'ugello e l'ugello deviatore viene sigillata utilizzando una guarnizione ad o-ring 3007. Un disco fratturato 3015 è portato tra l'ugello deviatore 3004 ed il corpo 3001 della punta. Come è illustrato, il disco fratturato 3015 è vincolato in posizione all'interno della boccia di ritegno 3013 del disco fratturato. La boccia 3013 di ritegno del disco fratturato è vincolata in posizione rispetto all'elemento pieno 3003 di ritegno dell'ugello ed è sigillata utilizzando una guarnizione ad o-ring 3017. Un anello distanziatore 3019

assicura la porzione inferiore del disco fratturato 3015. La guarnizione ad o-ring 3021 è inclusa all'interfaccia del disco fratturato 3015, del corpo 3001 della punta e dell'anello distanziatore 3019.

18. CONTROLLO ADATTATIVO DURANTE OPERAZIONI DI TRIVELLAZIONE: la presente invenzione può anche essere utilizzata per fornire un controllo adattativo di un utensile di perforazione durante operazioni di trivellazione. Lo scopo del controllo adattativo è di scegliere uno o più punti operativi stabiliti per l'utensile, di monitorare i dati del sensore comprendente almeno un sensore che determina la condizione attuale di almeno un elemento attuatore controllabile portato dall'utensile di perforazione o nel gruppo a fondo del foro vicino all'utensile di perforazione che può essere regolato in risposta a segnali di comando da un controllore. Ciò è illustrato in termini generali nella figura 35A. Come è illustrato, è previsto un controllore 2100 portato nell'apparecchiatura di trivellazione o vicino ad essa. E' anche prevista una pluralità di sensori 2101, 2103, e 2105 per fornire almeno un segnale elettrico al controllore 2100 che si riferisce ad uno qualunque dei seguenti:

- (1) una condizione ambientale di perforazione;
- (2) una condizione operativa della punta da perforazione;
- (3) una condizione operativa di perforazione; e
- (4) una condizione della formazione rocciosa.

Come è illustrato nella figura 35A, il controllore 2100 è preferibilmente programmato con almeno un punto di operazione stabilito. Inoltre il controllore 2100 può fornire segnali di controllo ad almeno un elemento azionatore controllabile quale l'attuatore 2109 e 2113, o un attuatore controllabile ad anello aperto 2111. L'elemento attuatore controllabile è trasportato sul corpo della punta o vicino ad essa o sul gruppo o vicino al gruppo di fondo scavo ed è previsto per regolare almeno una delle seguenti in risposta al ricevimento di almeno un segnale di controllo proveniente dal controllore 2100:

- (1) una condizione operativa della punta da perforazione; e
- (2) una condizione operativa di trivellazione.

Uno o più sensori (quali i sensori 2107, 2115) sono previsti per fornire un feedback al controllore 2100 sulla condizione operativa attuale di uno in particolare di almeno uno degli elementi attua-

tori controllabili 2109, 2111, 2113. Un esempio del feedback fornito dal sensore 2017, 2115 è la posizione fisica di un particolare elemento attuatore rispetto al corpo della punta. In questo sistema di controllo adattativo, il controllore 2100 esegue istruzioni da programma che sono fornite per ricevere dati del sensore dai sensori 2101, 2103 e 2105, e fornire segnali di controllo agli attuatori 2109, 2111, 2113, prendendo in considerazione le informazioni di feedback rese disponibili dai sensori 2107, 2115. Nella forma di realizzazione preferita della presente invenzione, il controllore 2100 raggiunge particolari conclusioni riguardanti le condizioni dell'ambiente della trivellazione, le condizioni operative della punta da perforazione, e le condizioni operative di trivellazione. Il controllore 2100 agisce poi sulla base di queste conclusioni regolando uno o più degli attuatori 2019, 2111, 2113. Durante il funzionamento, il sistema può raggiungere e mantenere un certo standard di prestazioni in condizioni ambientali variabili così come in condizioni di affidabilità variabili del sistema quali degradazione di componenti. Ad esempio, il controllore 2100 può essere programmato per tentare di ottenere un livello predeterminato e de-

siderato di velocità di penetrazione. Questa operazione ordinariamente viene effettuata in superficie utilizzando i quantitativi piuttosto poveri di dati che sono forniti durante le operazioni di trivellazione tradizionali. Secondo la presente invenzione, il controllore è posizionato all'interno dell'apparecchiatura di trivellazione o vicino ad essa, rileva i dati importanti, ed agisce in base a conclusioni a cui esso perviene senza richiedere alcuna interazione con la posizione superficiale o con l'operatore umano che si trova in superficie. Un altro obiettivo pre-programmato può ad esempio essere il fatto di evitare condizioni di trivellazione rischiose se si stabilisce che l'apparecchiatura di trivellazione è stata sottoposta ad usura notevole e che può probabilmente guastarsi. In tali circostanze il controllore 2100 può essere pre-programmato per regolare la velocità di penetrazione in modo da farla diminuire leggermente in cambio di una maggiore sicurezza operativa evitando i rischi associati con il funzionamento di un utensile che è usurato o danneggiato in qualche misura.

Le figure da 35B a 35I sono rappresentazioni illustrative semplificate di una varietà di tipi di

elementi attuatori controllabili che possono essere utilizzati secondo la presente invenzione. La figura 35B è una rappresentazione illustrativa di una fresa a rulli conici 2121 che è accoppiata meccanicamente tramite l'elemento 2123 ad un attuatore elettromeccanico attivabile elettricamente 2125 che può essere utilizzato per regolare la posizione delle frese a rulli conici rispetto al corpo della punta 2121.

La figura 35C è una rappresentazione illustrativa semplificata di una fresa a rulli che è accoppiata meccanicamente tramite un'articolazione 2129 ed un punto di incernieramento 2131 all'attuatore elettromeccanico 2133 che è previsto per regolare l'angolo relativo delle frese a rulli conici rispetto al corpo 2127 della punta.

La figura 35D è una rappresentazione illustrativa semplificata di una fresa a rulli conici rispetto al corpo 2137 della punta che è accoppiato meccanicamente tramite un gruppo cuscinetto 2139 ad un sistema di controllo elettromeccanico della rotazione attivabile elettricamente che regola la velocità di rotazione delle frese a rulli conici aumentando o diminuendo la velocità leggermente tramite una regolazione elettrica o meccanica del

gruppo cuscinetto. Ad esempio, si possono utilizzare circuiti elettromagnetici e componenti magnetizzati per "innestarsi" con i coni. In alternativa, il principio di accoppiamento magnetico può essere applicato per alterare fisicamente i componenti in risposta in risposta ad un campo magnetico generato.

La figura 35E è una rappresentazione illustrativa semplificata di un ugello di una punta. Come è illustrato, un percorso di flusso 2145 dell'ugello è previsto attraverso il corpo 2143 della punta. Un attuatore elettromeccanico 2147 può essere previsto nel percorso di flusso dell'ugello per regolare il quantitativo di fluido a cui è consentito passare attraverso l'ugello. In alternativa il dispositivo elettromeccanico 2147 può essere predisposto per regolare l'orientazione angolare dell'uscita dell'ugello per ridirezionare il getto ed il fluido di raffreddamento della trivellazione.

La figura 35F è una rappresentazione semplificata di una punta da perforazione 2151 collegata ad una batteria 2153. Possono essere previsti dei pattini 2155, 2157 nel gruppo sul fondo del foro di scavo meccanicamente accoppiati ad un elemento controllore 2159, 2161 attivabile elettricamente che

può essere utilizzato per regolare la posizione verso l'interno e verso l'esterno dei pattini 2155, 2157.

La figura 35G è una rappresentazione illustrativa semplificata di una punta da perforazione 2167 collegata ad un motore 2169. Un controllore 2171 può essere previsto per attivare in modo selettivo il motore da trivellazione 2169. Secondo la presente invenzione, il sistema di controllo adattativo può essere utilizzato per regolare la velocità del motore di trivellazione che a sua volta regola la velocità della trivellazione ed influisce sulla velocità di penetrazione.

La figura 35H è una rappresentazione illustrativa semplificata di una punta da perforazione 2185 collegata ad un sottogruppo di direzione 2183 e ad un motore 2181 della trivellazione. Secondo la presente invenzione, il sistema di controllo adattativo può essere utilizzato per controllare il gruppo di direzione 2183 per regolare l'orientamento della punta da perforazione rispetto al foro di scavo, il che è particolarmente utile nella trivellazione direzionale.

La figura 35I è una rappresentazione illustrativa semplificata di una punta da perforazione 2193

con una pluralità di strutture fresanti a rulli conici o fisse quale la struttura fresante 2195 montata su di essa. La punta da perforazione 2193 è collegata ad un gruppo di fondo scavo 2191. Elementi di calibro di rifinitura 2197, 2199 sono previsti nella parte superiore della punta da perforazione 2193. Gli elementi di rifinitura di calibro sono collegati ad elementi elettromeccanici 2190, 2192 che possono essere utilizzati per regolare la posizione verso l'interno o verso l'esterno degli elementi di rifinitura di calibro 2197, 2199. Gli elementi di rifinitura di calibro possono essere spinti esternamente al fine di allargare il calibro del foro di scavo. Gli elementi di rifinitura di calibro possono inversamente essere ritirati verso l'interno rispetto al corpo della punta al fine di ridurre il calibro del foro di scavo.

19. CONFIGURAZIONE MECCANICA ALTERNATIVA: le figure da 38A a 38E illustrano una configurazione meccanica alternativa per la punta da perforazione perfezionata della presente invenzione. La figura 38A è una vista in sezione longitudinale di un braccio 4011 della punta. Come è illustrato, una cavità 4015 per il modulo elettronico è disposta nella porzione di gambo 4016 del braccio 4011 della pun-

ta. Come è illustrato, un percorso 4018 per filo si estende dalla porzione di gambo 4016 ad una cavità 4020 per batteria che è disposta in una posizione intermedia nel braccio 4011 della punta. Come è illustrato, il cuscinetto portante 4013 è previsto all'estremità distale del braccio 4011 della punta. La figura 38B è una vista dettagliata della porzione di gambo 4016. Come è illustrato, la cavità 4015 per il modulo elettronico è definita tra il gambo 4016 ed un coperchio 4022 accoppiato in modo leggermente forzato. Il coperchio 4022 è di forma anulare ed include due cavità che ricevono degli o-ring 4021, 4023 che effettuano una tenuta quando si impegnano contro il gambo 4016. In questo modo, la cavità per il modulo elettronico 4017 è impermeabile ai liquidi. La cavità 4017 per il modulo elettronico comunica con il percorso 4018 per il filo. I componenti elettronici della presente invenzione possono essere accolti nella cavità 4017 per il modulo elettronico. Preferibilmente essi sono incapsulati con un materiale impermeabile all'acqua. I componenti elettronici possono essere collegati mediante cavo o saldati ad un circuito stampato anulare. Questa configurazione è vantaggiosa in quanto permette un facile accesso alle parti elettroniche,

dato che a queste si può accedere attraverso l'apertura relativamente larga definita dal gambo 4016.

La figura 38B descrive un circuito stampato incapsulato 4024 in forma semplificata disposto all'interno della cavità 4017 per il modulo elettronico. La figura mostra anche un filo che si estende attraverso il percorso 4018 per il filo. Nella forma di realizzazione delle figure da 38A a 38E, i passaggi per il percorso dei cavi sono sistemati in una posizione che è superiore rispetto a quella della forma di realizzazione alternativa precedentemente discussa. Con queste particolari configurazioni dei passaggi per i cavi, possono essere previsti ugelli aggiuntivi nel corpo della punta. Ad esempio un ugello di getto centrale può essere posizionato in una parte centrale della punta; ciò non sarebbe possibile utilizzando la forma di realizzazione alternativa precedentemente discussa. Fondamentalmente il percorso 4018 per il cavo secondo l'invenzione si estende generalmente in modo centrale attraverso la metà superiore del braccio 4011 della punta. Nella figura 38A, il passaggio 4018 per il percorso del cavo si estende anche tra la cavità per l'elettronica ed un alloggia-

mento per una batteria 4020 come illustrato in forma semplificata.

Le figure 38C, 38D, 38E forniscono illustrazioni più realistiche dell'alloggiamento per la batteria. Facendo riferimento dapprima alla figura 38C l'alloggiamento 4020 per la batteria è illustrato in prospettiva. Un passaggio di percorso 4018 per un cavo si estende nell'alloggiamento 4020 della batteria. La figura 38D è una vista in sezione della figura 38C secondo la linea di sezione A-A. si mostra l'alloggiamento 4020 per la batteria che si estende nel braccio 4011 della punta. La figura 38E è una vista semplificata dell'alloggiamento 4020 per la batteria. Come è illustrato un coperchio 4057 per la batteria è previsto per chiudere l'alloggiamento 4020. Un o-ring 4059 è previsto per realizzare una tenuta all'interfaccia tra il coperchio 4057 e il braccio, 4011 della punta. In aggiunta è previsto un anello 4061 con accoppiamento a scatto per vincolare in posizione il coperchio 5057.

Le figure da 39A a 39E illustrano un segnale di attivazione alternativo che può essere utilizzato per generare segnali di pressione nelle colonne del fluido di perforazione che possono essere rile-

vati in posizioni remote (preferibilmente in superficie). Facendo dapprima riferimento alla figura 39A, un sistema di attuazione è localizzato tra le aperture 4083, 4085. L'apertura 4083 è in comunicazione con una colonna di fluido centrale mantenuta all'interno della batteria di perforazione. In modo tradizionale, il fluido viene eiettato verso il basso nella punta per ripulirla e raffreddarla, e per far circolare verso l'alto i detriti attraverso la regione anulare facendoli pervenire ad una posizione di superficie dalla quale possono essere allontanati dal foro di scavo. Il sistema di attuazione 4081 è un sistema normalmente chiuso che impedisce al fluido di passare dall'apertura 4083 all'apertura 4085. L'apertura 4085 è in comunicazione con il fluido contenuto nel foro di scavo. Poiché la punta costituisce un impedimento per il flusso del fluido, vi è un differenziale di pressione tra la pressione sull'apertura 4083 e la pressione sull'apertura 4085. Più specificamente, il fluido in corrispondenza dell'apertura 4083 si trova ad una pressione relativa più elevata rispetto al fluido che si trova sull'apertura 4085. Se il sistema di attuazione 4081 viene mosso da una condizione normalmente chiusa ad una condizione aper-

ta, il fluido passa liberamente tra le aperture 4083 e 4085 e genera perciò una variazione di pressione rilevabile. Ciò può essere rilevato in una posizione superficiale molto lontana.

La figura 39B è una vista semplificata del sistema di attuazione 4081 della figura 39A. Come illustrato, un ugello di segnale 4088 è disposto tra i passaggi per il percorso del fluido che sono in comunicazione con le aperture 4083, 4085. L'ugello di segnale 4088 è trattenuto in posizione da un anello di ritegno 4091. L'ugello di segnale 4088 è un sistema normalmente chiuso che ha una sigillatura ermetica definita da un o-ring 4089 per la sigillatura dell'ugello. Un attuatore 4087 è disposto fisicamente vicino all'ugello di segnale 4088. Anche questo è un componente sigillato nei confronti dei fluidi per mezzo del o-ring 4086 dell'attuatore. L'attuatore 4087 è un componente elettricamente attivabile che comprende un elemento pistone 4092 che può essere spinto verso l'esterno da un elemento stazionario a cilindro 4094. In altri termini, un segnale elettrico può essere utilizzato per indurre l'elemento a pistone 4092 a rompere l'ugello di segnale 4088 muovendosi esternamente rispetto all'elemento a cilindro 4094 rom-

pendo o facendo scoppiare l'ugello di segnale 4088. Nella forma di realizzazione preferita, l'attuatore a pistone è prodotto dalla Pacific Scientific of Chandler, Arizona, come parte n. 2-502370-1. Esso contiene 22 milligrammi di perclorato di potassio di zirconio. Quando la contaminazione del fluido viene rilevata da uno qualunque dei tre sensori, il modulo elettronico attiva un circuito di innesco. Dopo che è stato attivato, un pistone nell'attuatore viene proiettato attraverso il disco frangibile, creando una nuova apertura nella punta per il flusso del fluido. La pressione nella punta quindi viene abbattuta, il che segnala all'operatore che il fluido di perforazione è contaminato. La figura 39B illustra la posizione più sporgente 4093 dell'elemento a pistone 4092 una volta attivato.

In contrasto, la figura 39C è un'illustrazione più realistica del sistema di attuazione 4081. Come illustrato, il sistema di attuazione è nella sua condizione normalmente chiusa con l'elemento a pistone 4092 sistemato interamente all'interno dell'elemento stazionario a cilindro 4094. I terminali elettrici 5002, 5004 si estendono verso l'esterno del sistema attuatore 4081. I terminali

elettrici 5002, 5004 permettono ad una corrente di attuazione di riscaldare il componente resistivo 5000, il che accende la carica pirotecnica 4098. Il gas generato da questa accensione fa propellere l'elemento a pistone 4092 assialmente verso l'esterno. Un elemento a coperchio 5008 racchiude normalmente l'elemento a pistone 4092 all'interno dell'elemento a cilindro 4094. L'elemento di copertura 5008 viene rotto dapprima dall'elemento a pistone 4092. L'elemento a pistone continua la sua corsa assiale fino a quando non buca la superficie a tamburo 5006 relativamente sottile dell'ugello di segnale 4088. Le figure 39D e 39E illustrano l'elemento attuatore preferito nella sua condizione normalmente chiusa e nella condizione aperta, rispettivamente. Quando l'elemento a pistone completamente esteso, il fluido del foro di scavo può passare attraverso la porzione centrale dell'elemento a pistone poiché l'elemento a pistone non è disposto a tenuta ermetica contro l'elemento a cilindro.

Le figure 40A, 40B, e 40C illustrano un sensore alternativo da utilizzare nella punta da perforazione perfezionata della presente invenzione. Un sensore del grasso 5031 è collocato tra un sistema

di compensazione della pressione 5033 di tipo tradizionale ed un cuscinetto 5035 di una punta da perforazione esemplificativa. Il sensore del grasso 5031 è posizionato all'interno di un passaggio di percorso 5037 per la lubrificazione che è formato tradizionalmente all'interno della punta da perforazione della roccia per consentire al lubrificante di passare attraverso il sistema compensatore 5033 ed il cuscinetto 5035 dove esso fornisce lubrificante per il cono della fresa che è vincolato sul cuscinetto. Come è illustrato, il sensore 5031 del grasso riempie essenzialmente il passaggio per il percorso del grasso 5037. Il lubrificante passerà verso il basso dal sistema di compensazione 5033 al cuscinetto portante 5035, e ritornerà nuovamente a seconda della pressione del sistema.

La figura 40B è un'illustrazione dettagliata del sensore 5031 per il grasso. Il sensore 5031 per il grasso comprende un tubo in acciaio 5061 che non è in contatto con il corpo della punta che circonda il passaggio 5037 per la lubrificazione. A ciascuna estremità sono previsti anelli distanziatori 5063 5065 al fine di mantenere il tubo in acciaio 5061 senza che questo contatti il corpo della punta. Questi separano il tubo d'acciaio 5061 dalla parete

del foro di circa 0,015 pollici. Ciò crea un condensatore anulare che viene usato per rilevare la condizione del grasso. Il sensore ha una valvola di ritegno a sfera 5071 alla sua estremità inferiore che include una sfera di ritegno 5073, una sede valvola 5075 ed un perno di ritegno 5077 che mantiene la sfera nella sua posizione rispetto al tubo metallico 5061. La valvola di ritegno a sfera permette al grasso di viaggiare in una sola direzione, e cioè attraverso il centro del tubo di acciaio 5061. Il grasso che tenta di ritornare al compensatore viene forzato attraverso la regione anulare tra il tubo di acciaio 5061 e la parete del passaggio di percorso 5037 del lubrificante. La costante dielettrica del grasso può quindi essere monitorata.

Le figure 40B e 40C illustrano un contatto elettrico 5079 che serve da anodo del sistema di monitoraggio dielettrico. Come è illustrato nella figura 40C, l'acciaio del corpo della punta da perforazione della roccia fa da terra. L'intercapedine 5081 tra il tubo d'acciaio 5061 e il corpo della punta da perforazione riceve il grasso mentre questo ritorna dal cuscinetto verso il compensatore. I cambiamenti nella costante dielettrica (sia dovuti

all'usura o all'ingresso di fluido) sono indicativo di un potenziale guasto. Viene stabilita una soglia e la costante dielettrica misurata viene continuamente paragonata alla soglia. Quando si rileva una differenza significativa, si determina che esiste una condizione di allarme, ed il sistema di attuazione viene utilizzato per sviluppare una variazione di pressione che viene rilevata in superficie.

Nonostante l'invenzione sia stata mostrata in solo una delle sue forme, non è limitata a questa ma è suscettibile di varie modifiche e cambiamenti senza esulare dall'ambito dell'invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Punta da perforazione perfezionata da utilizzare in operazioni di trivellazione in un foro di scavo, comprendente:

un corpo della punta che include una pluralità di bracci, ciascuno che supporta una fresa a rullo conico;

un elemento di accoppiamento formato in una porzione superiore di gambo di detto corpo della punta;

almeno un sensore per monitorare almeno una condizione di detta punta da perforazione perfezionata durante operazioni di trivellazione; e

una porzione di alloggiamento per l'elettronica definita in parte da detta porzione superiore a gambo di detto corpo della punta per accogliere almeno un circuito di monitoraggio.

2. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 1, in cui detto almeno un sensore è un condensatore anulare disposto all'interno di un passaggio di percorso di lubrificazione.

3. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 1, comprendente inoltre:

una cavità per una batteria disposta in almeno uno di detti bracci della punta; e

un condotto che si estende da detta porzione di alloggiamento dell'elettronica a detta cavità per la batteria.

4. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 3, comprendente inoltre:

un elemento a coperchio per la cavità della batteria atto a racchiudere detta cavità per la batteria; e

un mezzo per effettuare la tenuta di detto elemento a coperchio della cavità per la batteria contro detto almeno uno di detti bracci della punta, in modo tale che detta cavità della batteria sia impermeabile ai fluidi.

5. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 4, in cui detto mezzo per sigillare ermeticamente detto elemento a coperchio della cavità per la batteria contro detto almeno uno di detti bracci della punta comprende:

un elemento di tenuta disposto tra detto elemento a coperchio per la cavità della batteria e detto almeno uno di detti bracci della punta; e

un anello di ritegno operativamente associato con detto elemento a coperchio per la cavità della batteria per vincolare detto elemento a coperchio della cavità della batteria a tenuta ermetica per i

fluidi contro detto almeno uno di detti bracci della punta.

6. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 1, comprendente inoltre:

un elemento a coperchio generalmente anulare disposto adiacente a detta porzione superiore a gambo, detto elemento a coperchio definendo inoltre detta porzione di alloggiamento per l'elettronica; e

un mezzo per sigillare detto elemento a coperchio contro detta porzione superiore a gambo, in modo tale che detta porzione di alloggiamento per l'elettronica sia impermeabile ai fluidi.

7. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 6, in cui detti mezzi per sigillare detto elemento a coperchio contro detta porzione superiore a gambo comprendono:

una prima scanalatura in detto elemento a coperchio per ricevere un primo elemento di tenuta, detta prima scanalatura essendo collocata al di sopra di detta porzione di alloggiamento per l'elettronica;

un primo elemento di tenuta disposto in detta prima scanalatura, detto primo elemento di tenuta realizzando una tenuta ermetica ai fluidi tra detta

porzione di gambo superiore e detto elemento a coperchio;

una seconda scanalatura di detto elemento a coperchio atta a ricevere un secondo elemento di tenuta, detta seconda scanalatura essendo localizzata al di sotto di detta porzione di alloggiamento dell'elettronica; e

un secondo elemento di tenuta disposto in detta seconda scanalatura, detto secondo elemento di tenuta realizzando una tenuta ermetica ai fluidi tra detta porzione superiore di gambo e detto elemento a coperchio.

8. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 6, in cui detti mezzi per sigillare detto elemento a coperchio contro detta porzione superiore a gambo comprendono:

una prima scanalatura in detta porzione a gambo atta a ricevere un primo elemento di tenuta, detta prima scanalatura essendo collocata al di sopra di detta porzione di alloggiamento per l'elettronica;

un primo elemento di tenuta disposto in detta prima scanalatura, detto primo elemento di tenuta realizzando una tenuta ermetica ai fluidi tra detta porzione superiore a gambo e detto elemento a co-

perchio;

una seconda scanalatura in detto elemento superiore a gambo atta a ricevere un secondo elemento di tenuta, detta seconda scanalatura essendo localizzata al di sotto di detta porzione di alloggiamento per l'elettronica e

un secondo elemento di tenuta disposto in detta seconda scanalatura, detto secondo elemento di tenuta realizzando una tenuta ermetica ai fluidi tra detta porzione superiore a gambo e detto elemento a coperchio.

9. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 3, comprendente inoltre:

un ugello di getto centrale disposto in una porzione centrale di detto corpo della punta.

10. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 3, comprendente inoltre:

un sistema di attuazione per produrre un segnale rilevabile da posizione remota in risposta a segnali provenienti da detto almeno un sensore;

un circuito di monitoraggio accolto all'interno di detta porzione di alloggiamento dell'elettronica, detto circuito di monitoraggio essendo adatto a monitorare e controllare detto almeno un sensore e detto sistema di attuazione;

una batteria disposta all'interno di detta cavità per la batteria per fornire energia a detto circuito di monitoraggio e a detto sistema di attuazione; e

terminali elettrici per accoppiare in modo conduttivo tra di loro detto circuito di monitoraggio, detto almeno un sensore, detto sistema di attuazione, e detta batteria;

in cui detta almeno una condizione monitorata da detto almeno un sensore è la costante dielettrica del lubrificante per il corpo della punta.

11. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 10, in cui detto segnale rilevabile da posizione remota è un cambiamento di pressione nel fluido di trivellazione.

12. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 10, in cui detto sistema di attuazione comprende:

un ugello di segnalazione in comunicazione di fluido con una prima apertura;

un cilindro in comunicazione di fluido con una seconda apertura;

un mezzo per sigillare detto ugello di segnalazione da detto cilindro;

un pistone disposto all'interno di detto ci-

lindro; e

un mezzo per l'attuazione di detto pistone;
in cui detti mezzi per sigillare detto ugello di segnalazione da detto cilindro sono adattati per essere disattivati da detto pistone dietro attuazione di detto pistone in risposta ad un segnale proveniente da detto circuito di monitoraggio, in modo tale per cui detto fluido di trivellazione in detto foro centrale possa passare attraverso detta prima apertura, attraverso detto sistema di attuazione, attraverso la seconda apertura e dentro a detto foro di scavo, così da produrre detto segnale rilevabile da posizione remota.

13. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 10, in cui detto almeno un sensore comprende:

un gruppo compensatore;

un cuscinetto operativamente associato con detta fresa a rulli conici;

un passaggio di percorso di lubrificazione in comunicazione di fluido con detto gruppo compensatore e con detto cuscinetto attraverso il quale può scorrere il lubrificante per detta fresa a rulli conici;

un albero tubolare disposto all'interno di

detto passaggio di percorso per la lubrificazione;

almeno un distanziatore per posizionare detto albero tubolare all'interno di detto passaggio di percorso del lubrificante, in modo tale che un passaggio sia definito tra l'esterno di detto albero tubolare e l'interno di detto passaggio di percorso per il lubrificante;

una valvola operativamente associata con detto albero tubolare per controllare la direzione del flusso di detto lubrificante rispetto a detto albero tubolare; e

un contatto elettrico associato in modo conduttivo con detto lubrificante;

in cui detto contatto elettrico serve da anodo, detto corpo della punta serve da catodo, e detto lubrificante serve da materiale dielettrico, in modo tale per cui la costante dielettrica di detto lubrificante possa essere rilevata da detto circuito di monitoraggio.

14. Punta da perforazione perfezionata da utilizzare da un foro di scavo comprendente:

un corpo della punta comprendente una pluralità di bracci, una fresa a rullo conico accoppiata a ciascun braccio della punta, ed un foro centrale attraverso il quale scorre una colonna di fluido di

trivellazione;

una prima apertura disposta all'interno di ciascun braccio, detta prima apertura essendo in comunicazione di fluido con detto foro centrale;

una seconda apertura disposta all'interno di ciascun braccio, detta seconda apertura essendo in comunicazione di fluido con detto foro di scavo;

un sistema di monitoraggio per monitorare almeno una condizione di detta punta da perforazione perfezionata durante operazioni di trivellazione;

un sistema di attuazione accoppiato elettricamente a detto sistema di monitoraggio ed essendo disposto tra detta prima apertura e detta seconda apertura, detto sistema di attuazione comprendendo:

un ugello di segnalazione in comunicazione di fluido con detta prima apertura;

un cilindro in comunicazione di fluido con detta seconda apertura;

un mezzo per sigillare detto ugello di segnalazione rispetto a detto cilindro;

un pistone disposto all'interno di detto cilindro; e

un mezzo per attuare detto pistone;
in cui detti mezzi per sigillare detto ugello di segnalazione rispetto a detto cilindro sono confi-

gurati per essere disabilitati da detto pistone per effetto dell'attivazione di detto pistone in risposta ad un segnale proveniente da detto sistema di monitoraggio, in modo tale che detto fluido di trivellazione in detto foro centrale possa scorrere attraverso prima apertura, attraverso detto sistema di attuazione, attraverso la seconda apertura, e in detto foro di scavo.

15. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 14, in cui detti mezzi per sigillare detto ugello di segnalazione da detto cilindro comprendono:

un primo elemento di tenuta che copre un'estremità di detto cilindro; e

un secondo elemento di tenuta che copre un'estremità di detto ugello di segnalazione; in cui entrambi detti primo e secondo elementi di tenuta sono configurati per essere rotti da detto pistone in risposta a detto segnale proveniente da detto sistema di monitoraggio.

16. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 14, in cui detti mezzi per l'attuazione di detto pistone comprendono:

un componente elettricamente resistivo portato da detto cilindro; e

una carica pirotecnica accoppiata a detto componente elettricamente resistivo detta carica pirotecnica essendo operativamente associata con detto pistone;

in cui detto componente elettricamente resistivo è adattato per riscaldarsi in modo tale da scaricare detta carica pirotecnica in risposta a detto segnale proveniente da detto sistema di monitoraggio, così da attuare detto pistone.

17. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 14, in cui l'attuazione di detto sistema di attuazione riduce un differenziale di pressione tra detta prima apertura e detta seconda apertura, detta riduzione del differenziale di pressione essendo rilevabile da posizione remota.

18. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 14, in cui detto sistema di monitoraggio comprende:

un'alimentazione di corrente portata da detta punta di perforazione;

un circuito di monitoraggio accoppiato elettricamente a detta alimentazione di corrente;

un gruppo compensatore;

un cuscinetto operativamente associato con detta fresa a rulli conici;

un passaggio di percorso di lubrificazione in comunicazione di fluido con detto gruppo compensatore e con detto cuscinetto attraverso il quale può scorrere il lubrificante per detta fresa a rulli conici; e

un condensatore anulare disposto all'interno di detto passaggio di percorso del lubrificante; in cui detto lubrificante serve da dielettrico di detto condensatore anulare, la costante dielettrica del quale viene monitorata da detto circuito di monitoraggio, per cui detto segnale proveniente da detto sistema di monitoraggio viene generato quando detta costante dielettrica raggiunge un valore selezionato.

19. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 18, in cui detto condensatore anulare comprende:

un albero tubolare disposto all'interno di detto passaggio di percorso del lubrificante;

almeno un distanziatore per posizionare detto albero tubolare all'interno di detto passaggio di lubrificazione, in modo tale per cui sia definito un passaggio tra l'esterno di detto albero tubolare e l'interno di detto passaggio di percorso del lubrificante;

una valvola operativamente associata con detto albero tubolare per controllare la direzione di flusso di detto lubrificante rispetto a detto albero tubolare; e

un contatto elettrico associato in modo conduttivo con detto lubrificante;
in cui detto contatto elettrico serve da anodo, detto corpo della punta serve da catodo.

20. Punta da perforazione perfezionata da usare in un foro di scavo comprendente:

un corpo della punta comprendente una pluralità di bracci, una fresa a rulli conici accoppiata a ciascun braccio della punta, ed un foro centrale attraverso il quale scorre una colonna di fluido di trivellazione;

un gruppo compensatore;

un cuscinetto operativamente associato con detta fresa a rulli conici;

un passaggio di percorso di lubrificazione in comunicazione di fluido con detto gruppo compensatore e con detto cuscinetto attraverso il quale può scorrere il lubrificante per detta fresa a rulli conici;

un sistema di monitoraggio della condizione della punta operativamente associato con detto pas-

saggio del percorso della lubrificazione;

un sistema di allerta della condizione della punta associato operativamente con detto foro centrale; e

un sistema di controllo della condizione della punta per controllare detto sistema di monitoraggio della condizione della punta e detto sistema di allerta della condizione della punta.

21. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 20, in cui detto sistema di monitoraggio della condizione della punta comprende:

un albero tubolare disposto all'interno di detto passaggio del percorso di lubrificazione;

almeno un distanziatore per posizionare detto albero tubolare all'interno di detto passaggio per il lubrificante, in modo tale che sia definito un passaggio tra l'esterno di detto albero tubolare e l'interno di detto percorso di passaggio di detto lubrificante;

una valvola operativamente associata a detto albero tubolare per controllare la direzione del flusso di detto lubrificante rispetto a detto albero tubolare; e

un contatto elettrico associato in modo conduttivo con detto lubrificante;

in cui detto contatto elettrico serve da anodo, detto corpo della punta serve da catodo, e detto lubrificante serve da materiale dielettrico, in modo tale per cui la costante dielettrica di detto lubrificante può essere misurata.

22. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 21, in cui detto sistema di monitoraggio della condizione della punta comprende inoltre:

almeno una scanalatura su ciascuna estremità di detto albero tubolare;
in cui detto passaggio è in comunicazione di fluido con l'interno di detto albero tubolare.

23. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 21, in cui detta valvola comprende:

una sfera di ritegno;

una sede valvolare disposta ad una estremità di detto albero tubolare per ricevere con tenuta detta sfera di ritegno; ed

un perno di ritegno per limitare il movimento di detta sfera di ritegno rispetto alla sede valvolare;

in cui detto lubrificante scorre in una direzione attraverso l'interno dell'albero tubolare quando la sfera di ritegno non è in contatto ermetico con la

sede valvolare ed in una posizione opposta attraverso detto passaggio quando detta sfera di ritegno è in contatto ermetico con detta sede valvolare.

24. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 20, in cui detto sistema di allerta della condizione della punta comprende:

una prima apertura disposta in ciascun braccio della punta, detta prima apertura essendo in comunicazione di fluido con detto foro centrale;

una seconda apertura disposta in ciascun braccio della punta, detta seconda apertura essendo in comunicazione di fluido con detto foro di scavo; ed

un sistema di attuazione operativamente associato con detta prima apertura e con detta seconda apertura, detto sistema di attuazione comprendendo:

- un ugello di segnalazione in comunicazione di fluido con detta prima apertura;

- un cilindro in comunicazione di fluido con detta seconda apertura;

- un mezzo per sigillare detto ugello di segnalazione rispetto a detto cilindro;

- un pistone disposto all'interno di detto cilindro; e

- un mezzo per attuare detto pistone;

in cui detto mezzo per sigillare detto ugello di

segnalazione da detto cilindro è configurato per essere disabilitato da detto cilindro mediante attuazione di detto pistone in risposta ad un segnale proveniente da detto sistema di controllo della condizione della punta, in modo tale per cui detto fluido di trivellazione in detto foro centrale possa scorrere attraverso detta prima apertura, attraverso detto sistema di attuazione, attraverso la seconda apertura, e in detto foro di scavo.

25. Punta da perforazione perfezionata secondo la rivendicazione 20, in cui detto sistema di controllo della condizione della punta comprende:

un circuito di controllo portato da detta punta da perforazione, detto circuito di controllo essendo accoppiato elettricamente a detto sistema di rilevamento della condizione della punta è a detto sistema di allerta della condizione della punta;

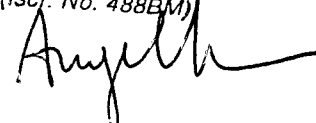
una batteria portata da detta punta di perforazione per alimentare elettricamente detto sistema di rilevamento della condizione della punta, detto sistema di allerta della condizione della punta, è detto circuito di controllo.



C.C.I.A.A.
Torino

PER INCARICO

ANGELO GERBINO
(Iscri. No. 488BM)



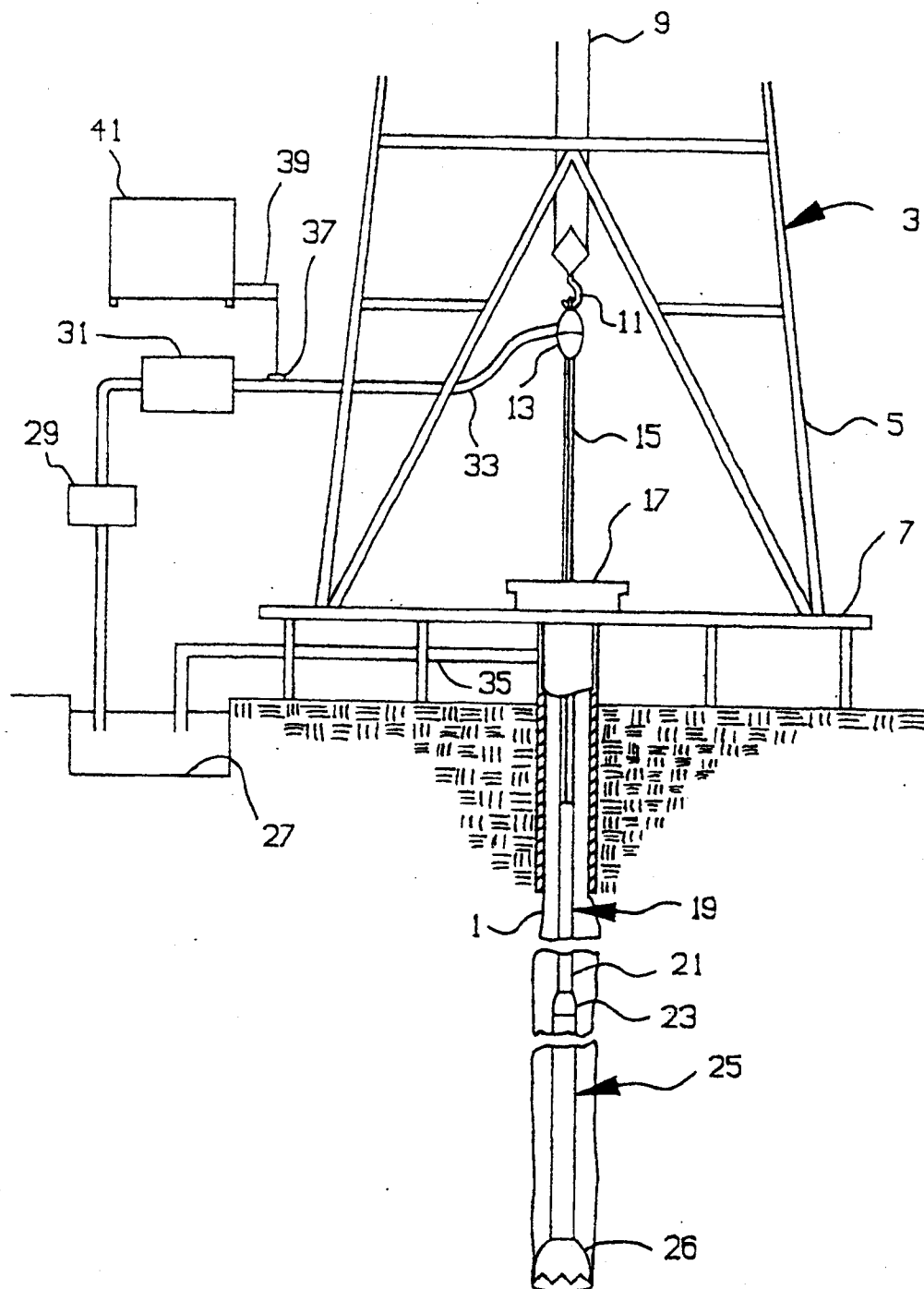
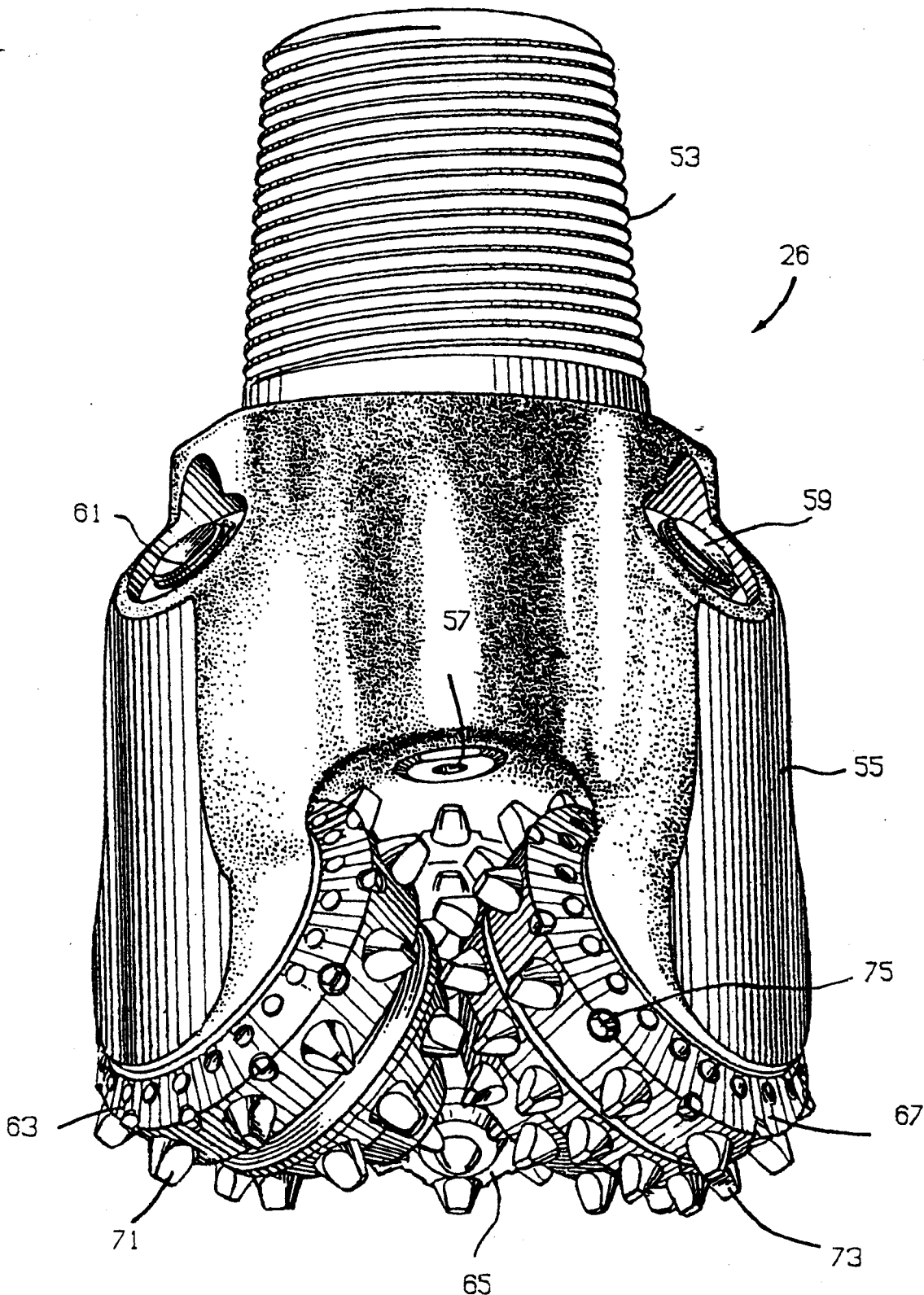


FIG. 1



C.C.I.A.A.
Torino

FIG. 2

Angelo
INGEGNERE
CONFERMAZIONE
19/10/1974

2001 A00 102 6

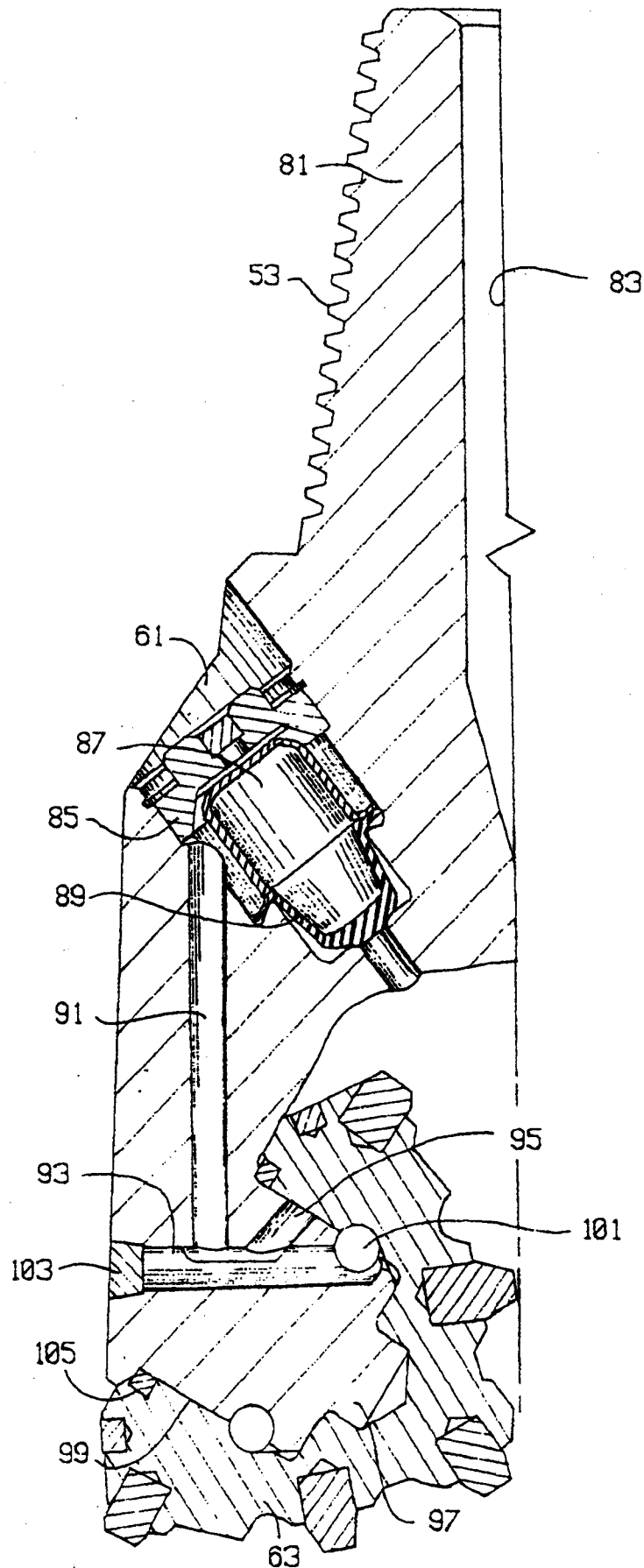


FIG. 3

CECMA
Torino

Angeli
INGEGNERIA
S.p.A. - TORINO

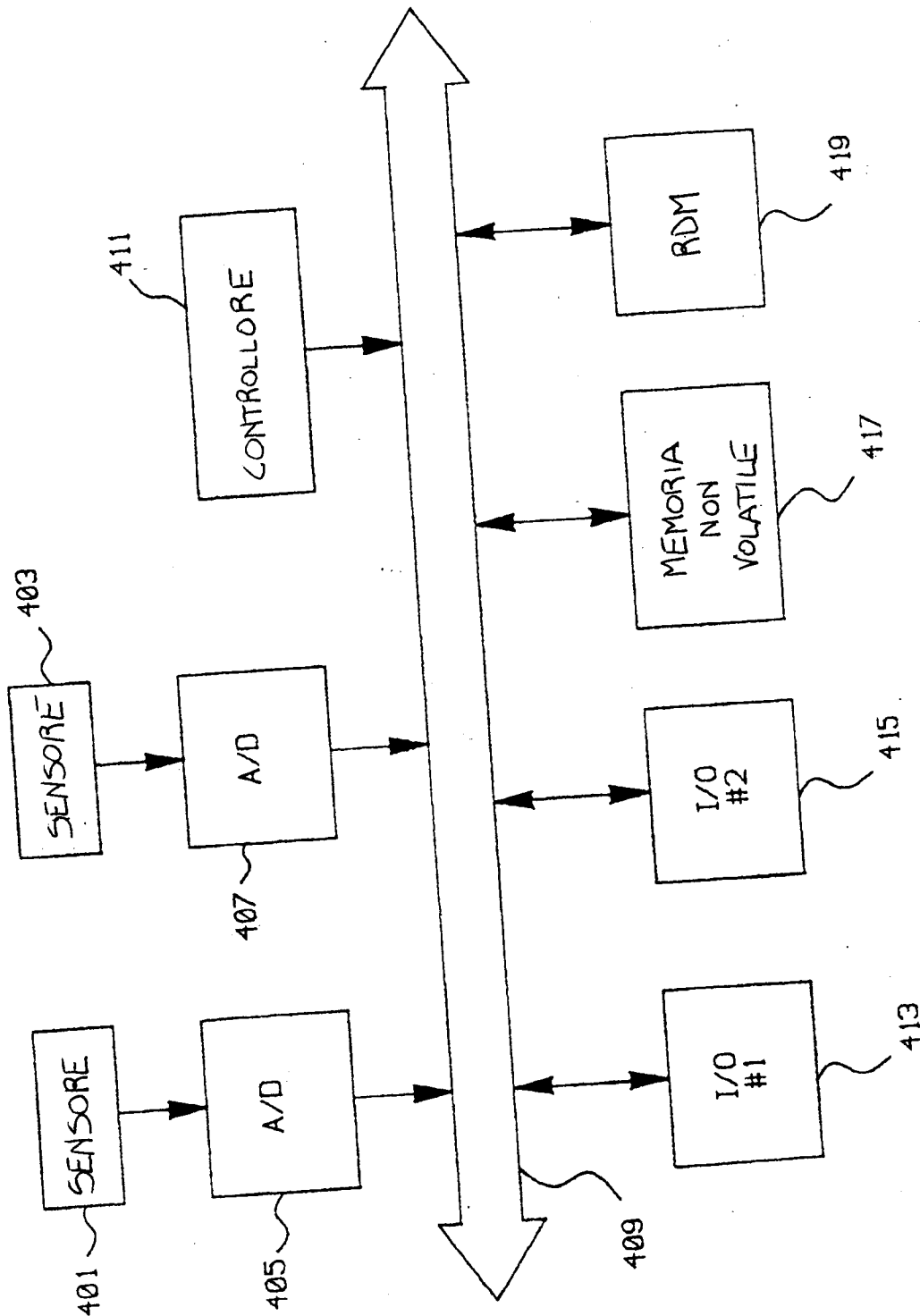


FIG. 4

C.C.I.A.A.
Torino

Handwritten signature and date:
1/10/2001

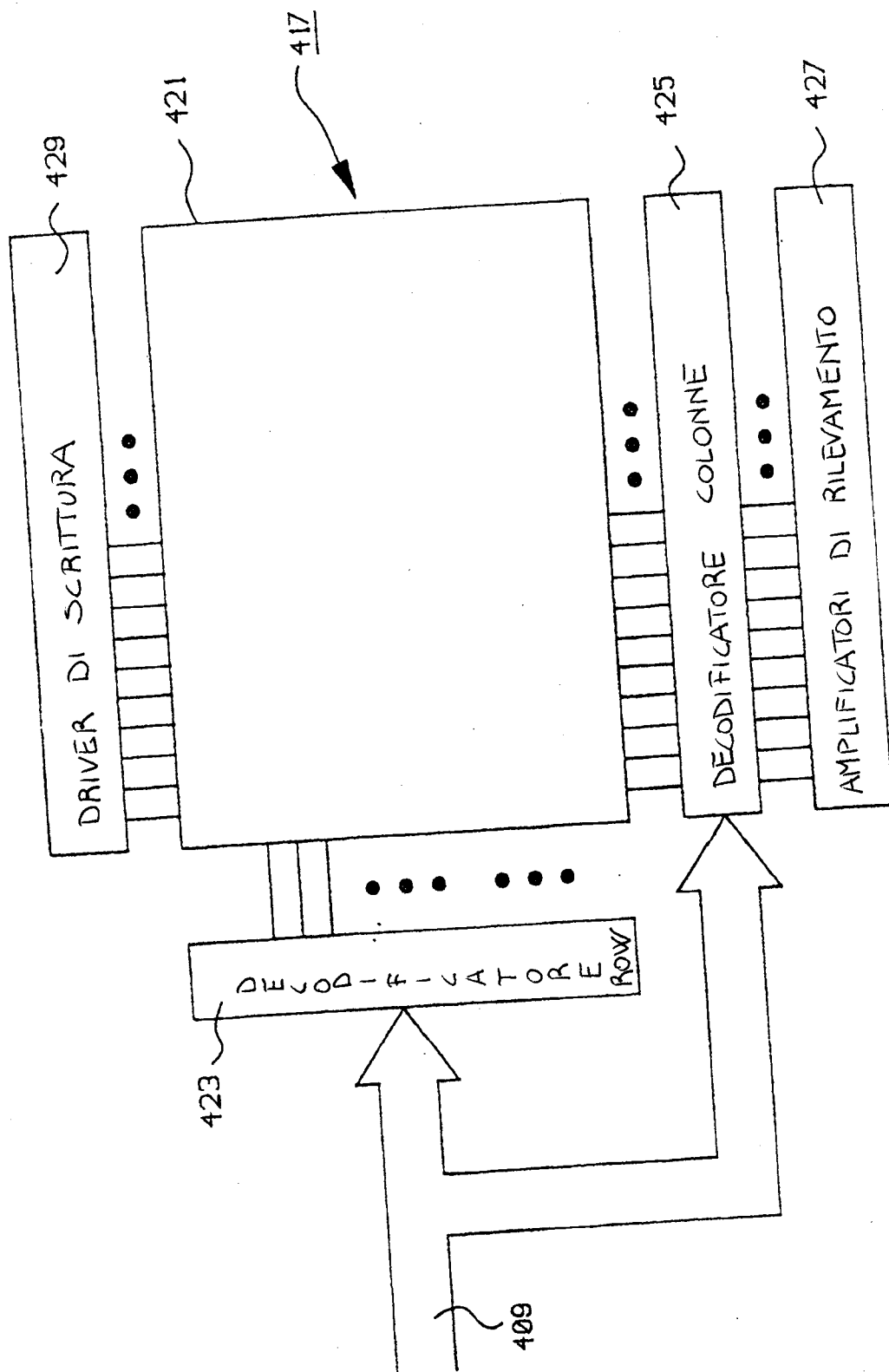


FIG. 5

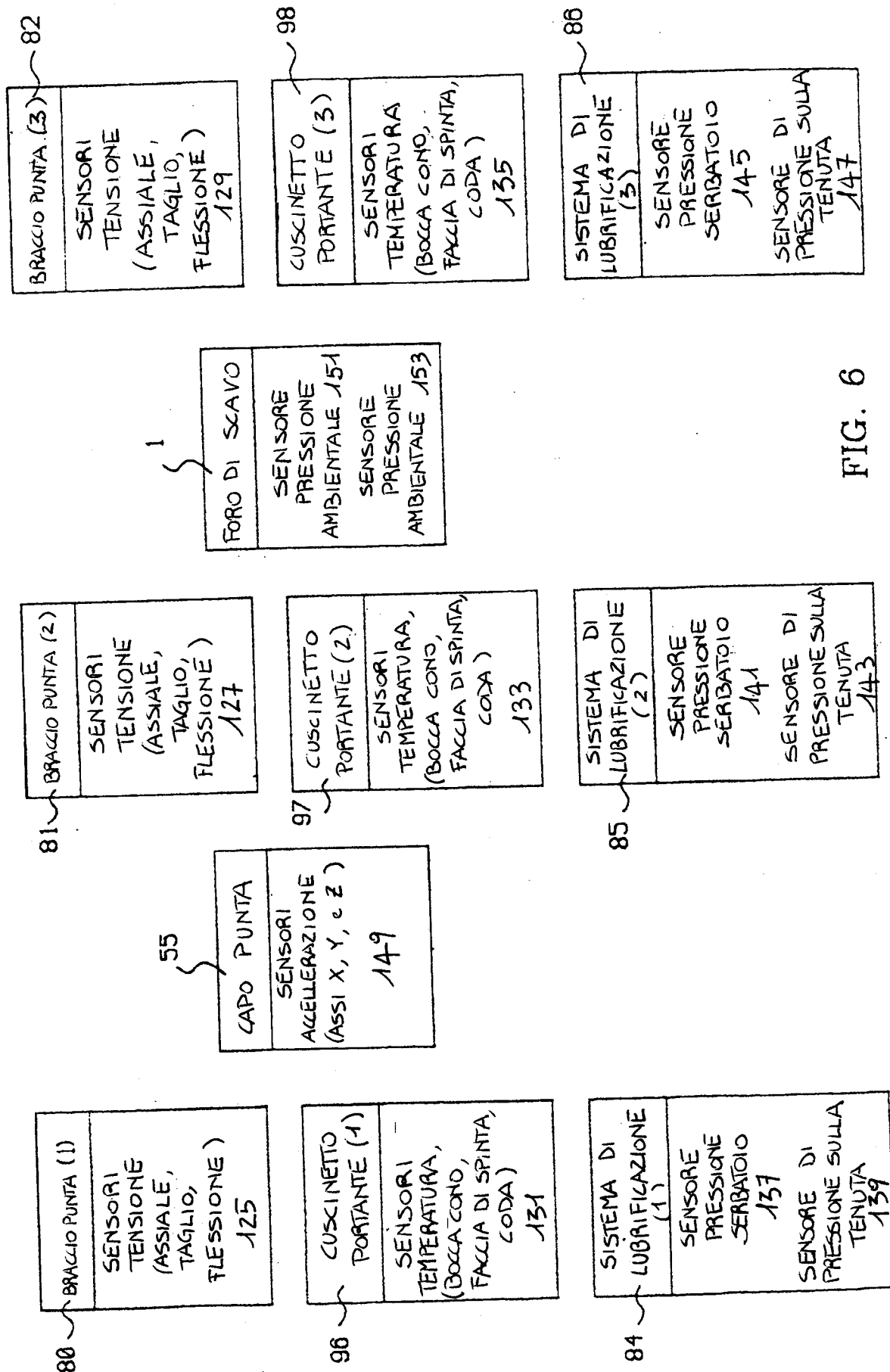


FIG. 6

C.C.I.A.A.
 Torino

2001 A00 102 8

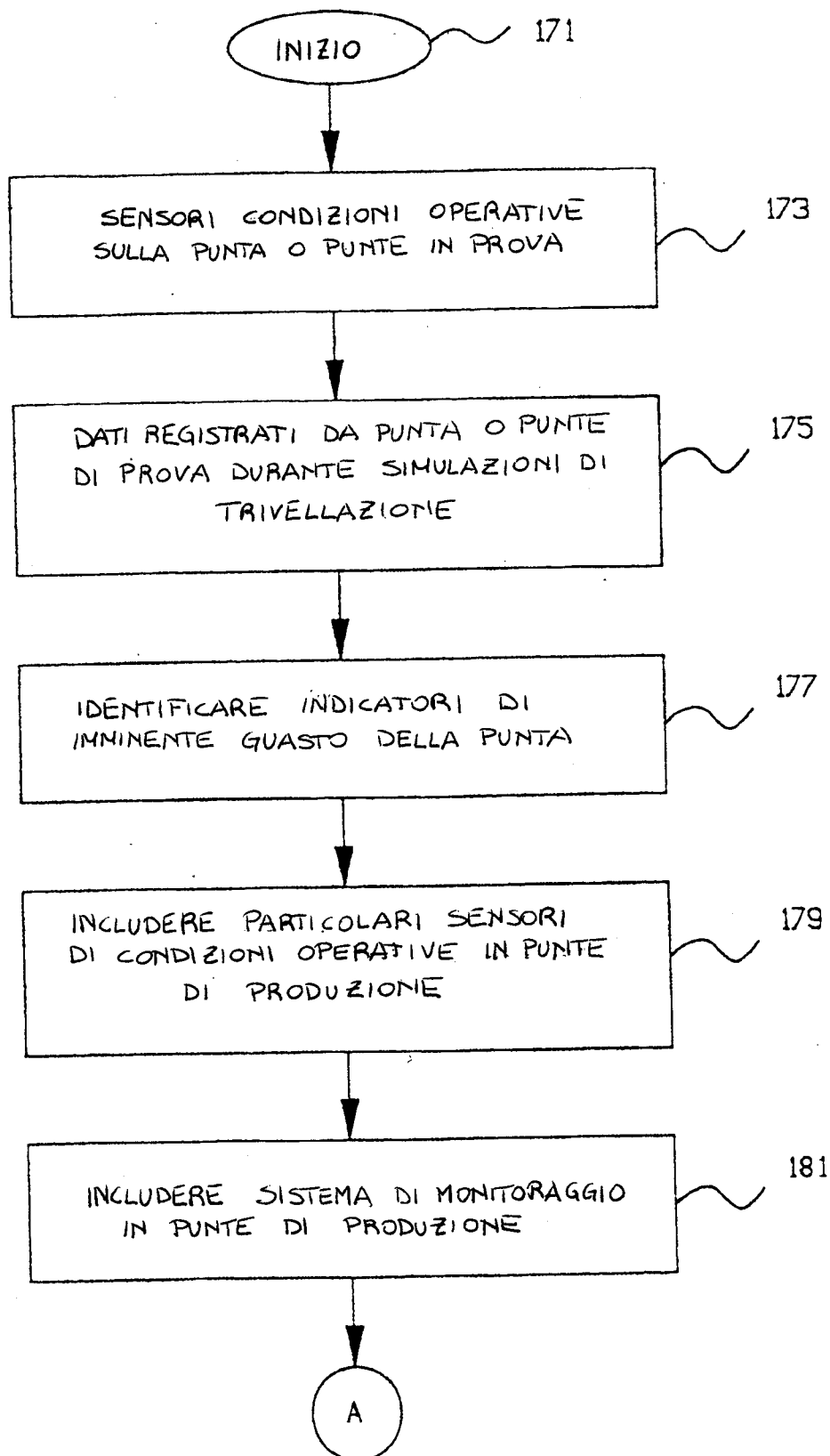


FIG. 7A



Autore: [illegible]
Disegnato: [illegible]
[illegible signature]

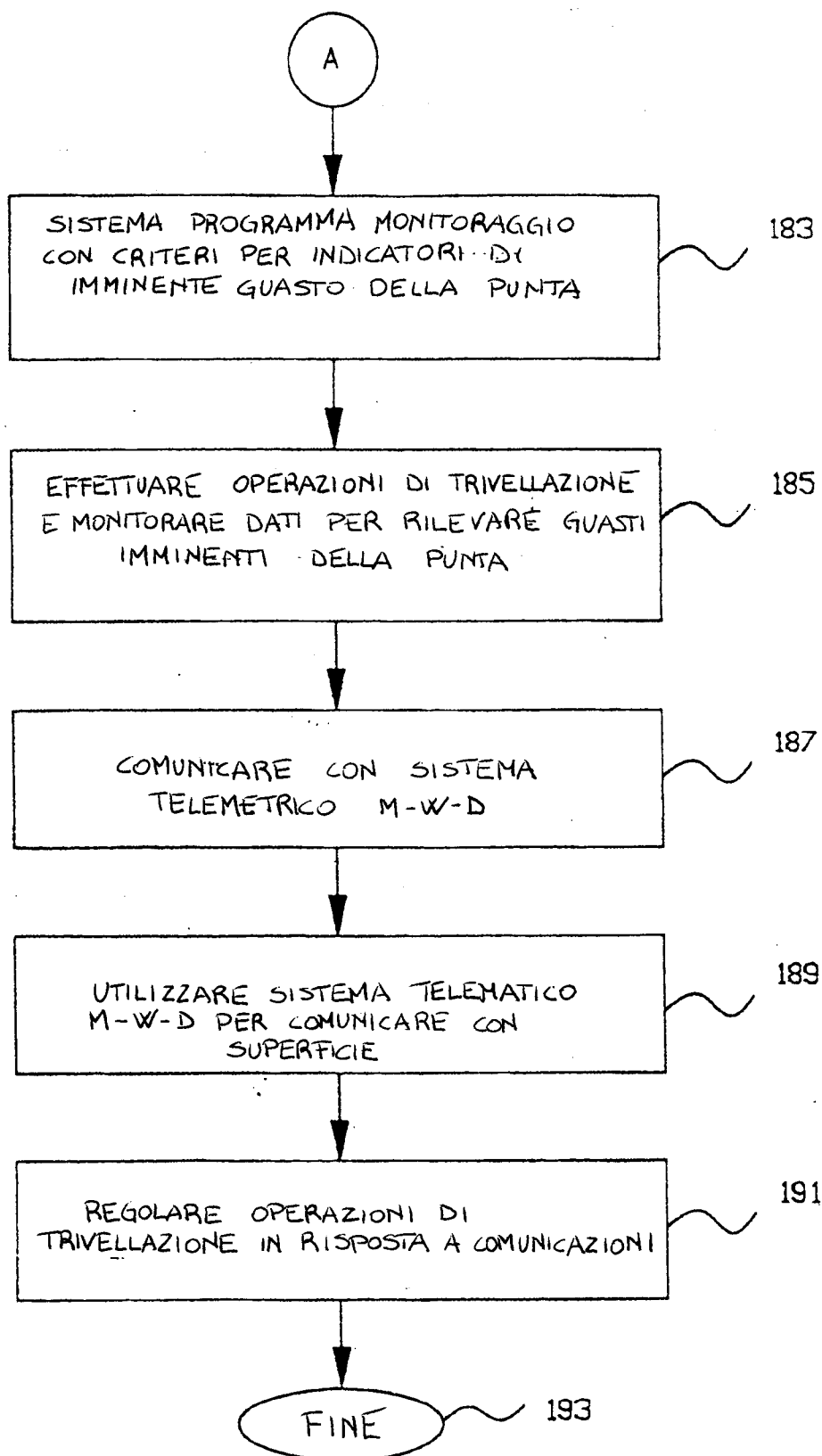


FIG. 7B

TO 2001 A 00 102 6

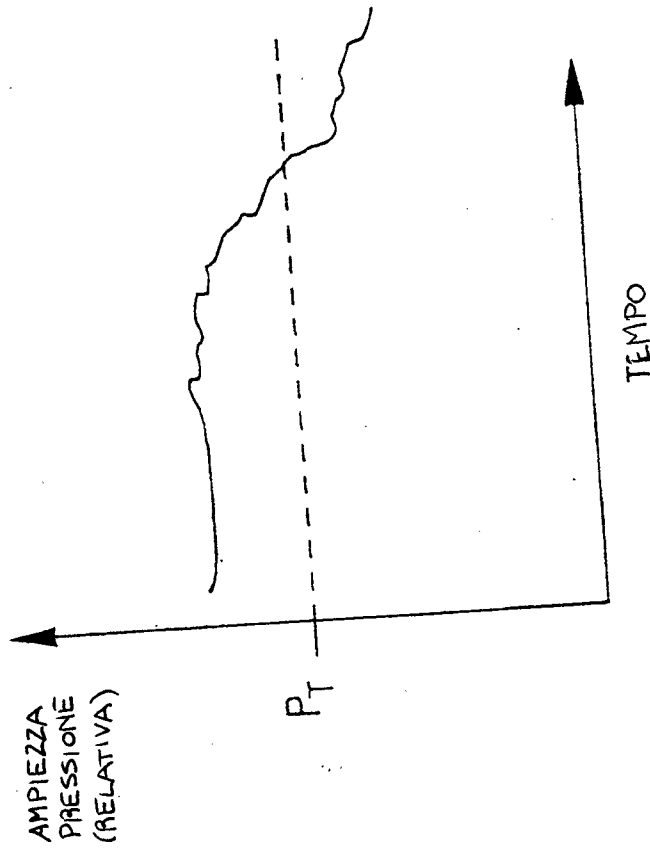


FIG. 8B

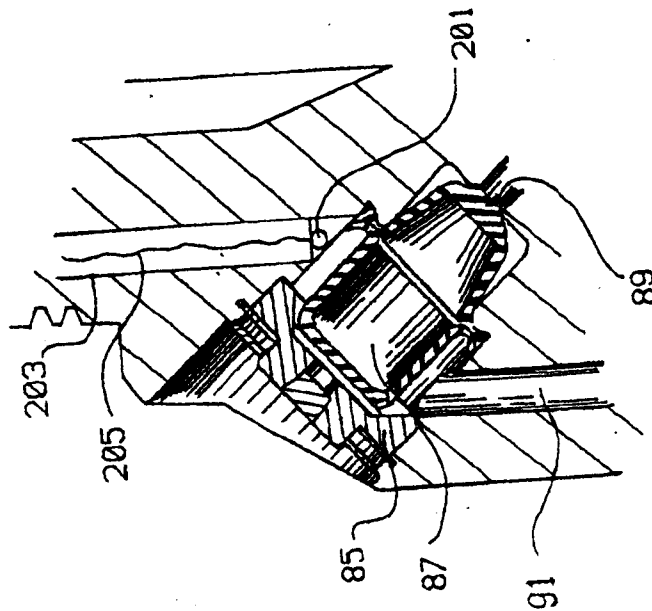


FIG. 8A

ITALIA
Torino

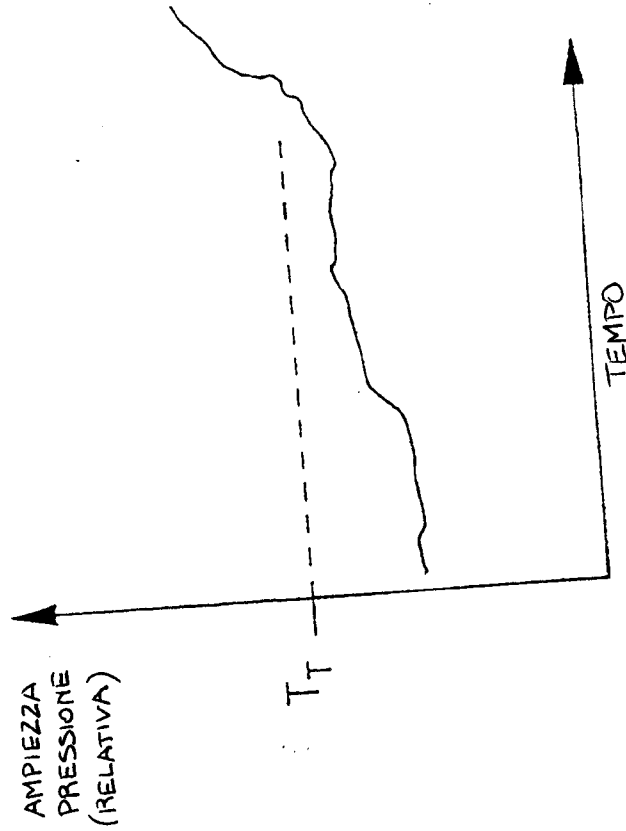


FIG. 8D

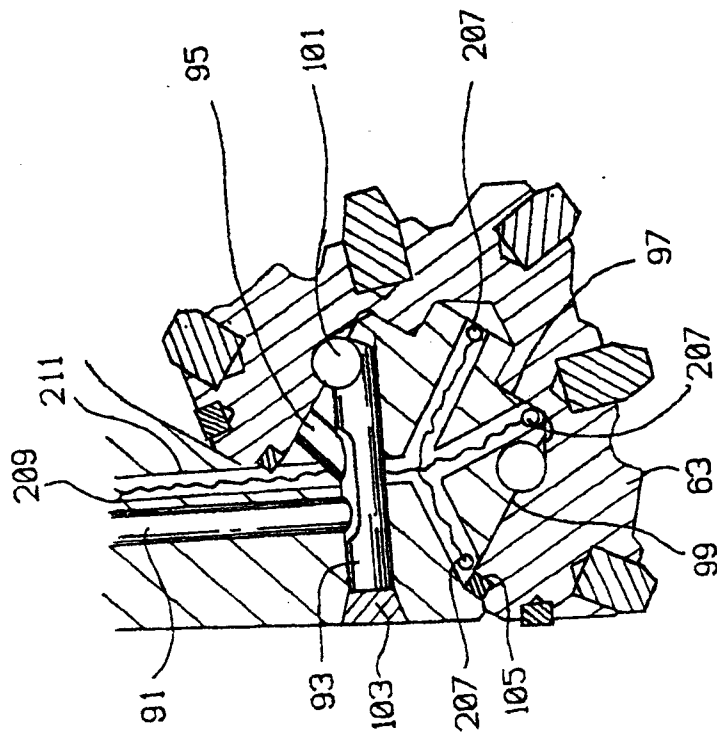


FIG. 8C



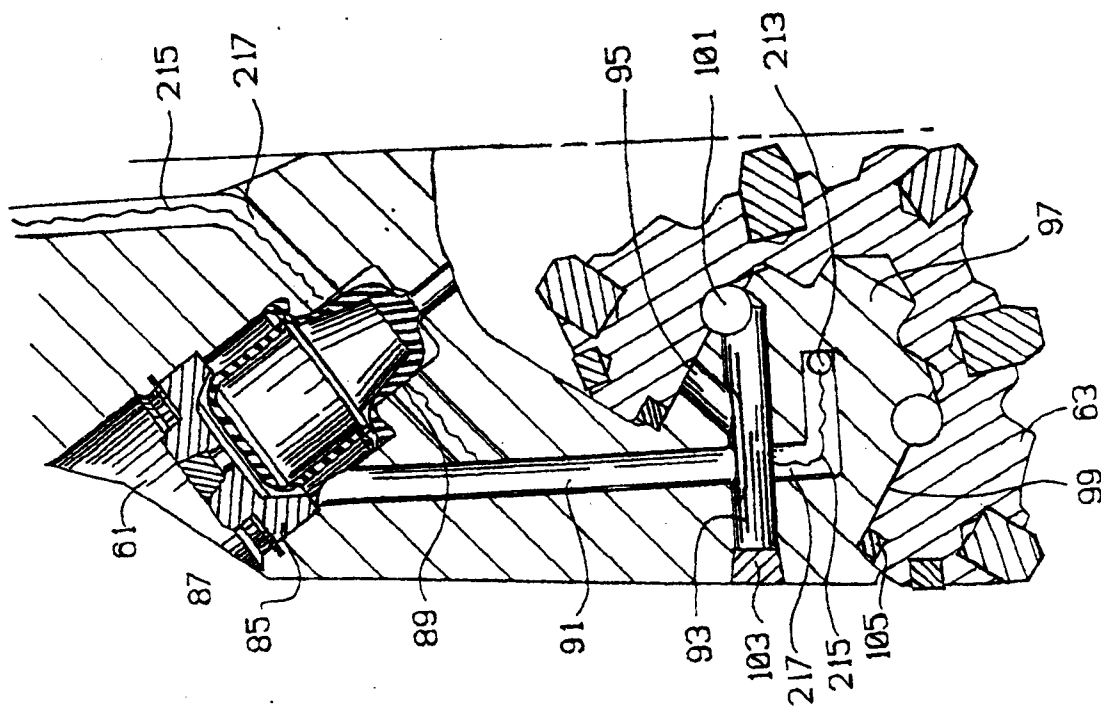


FIG. 8E

C.C.I.A.A.
Torino

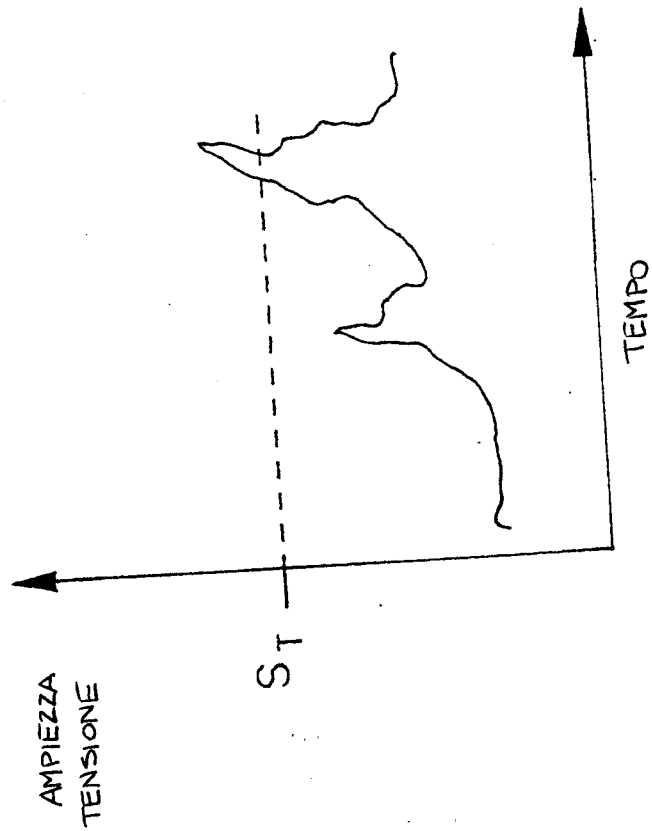


FIG. 8F

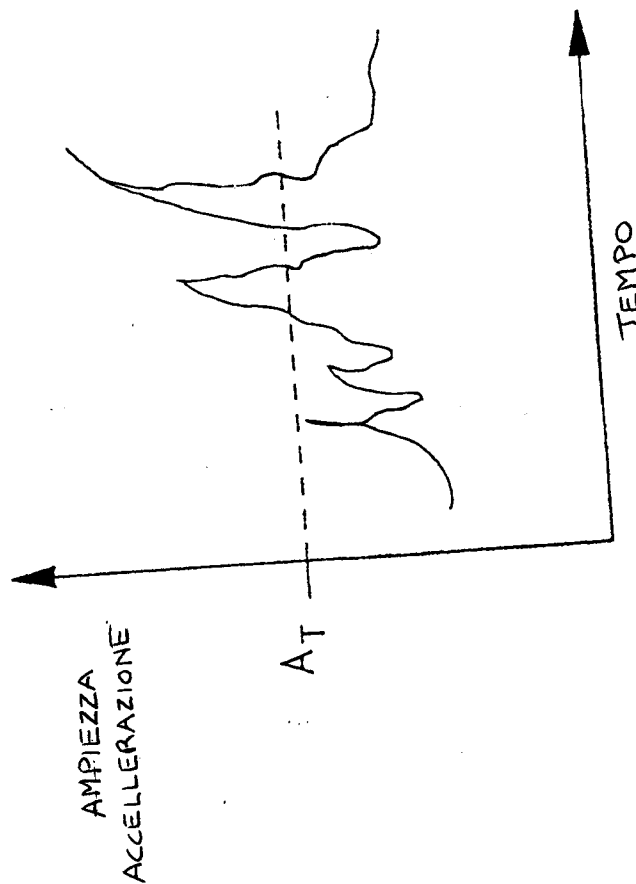


FIG. 8H

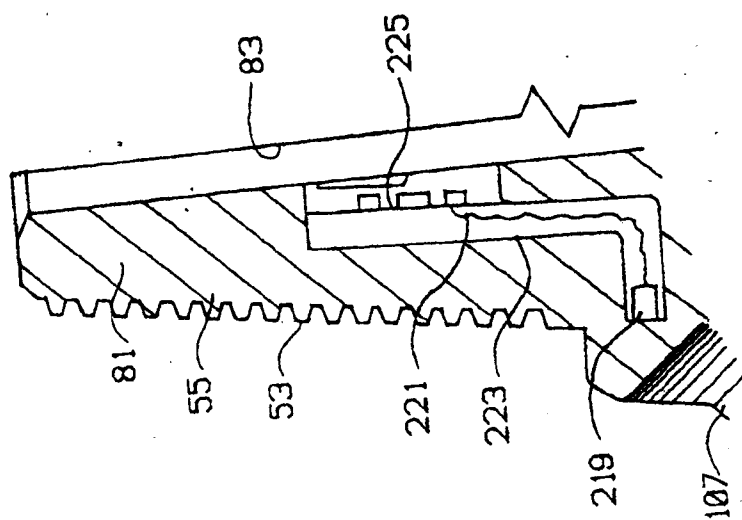


FIG. 8G



Handwritten signature

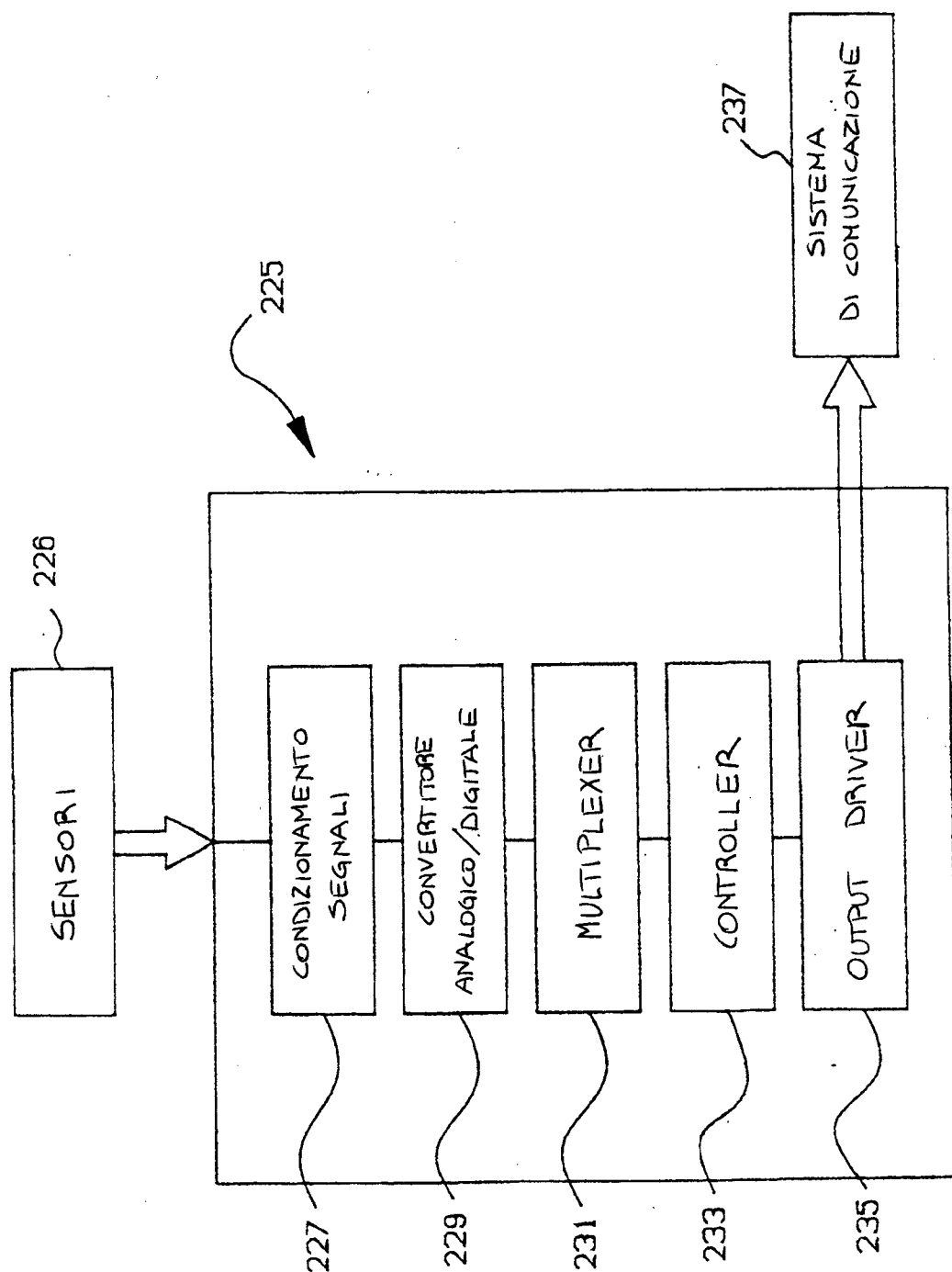


FIG. 9

C.C.I.A.A.
Torino

Handwritten signature
PROF. ING. MERINO
100

TO 2001 A00 1026

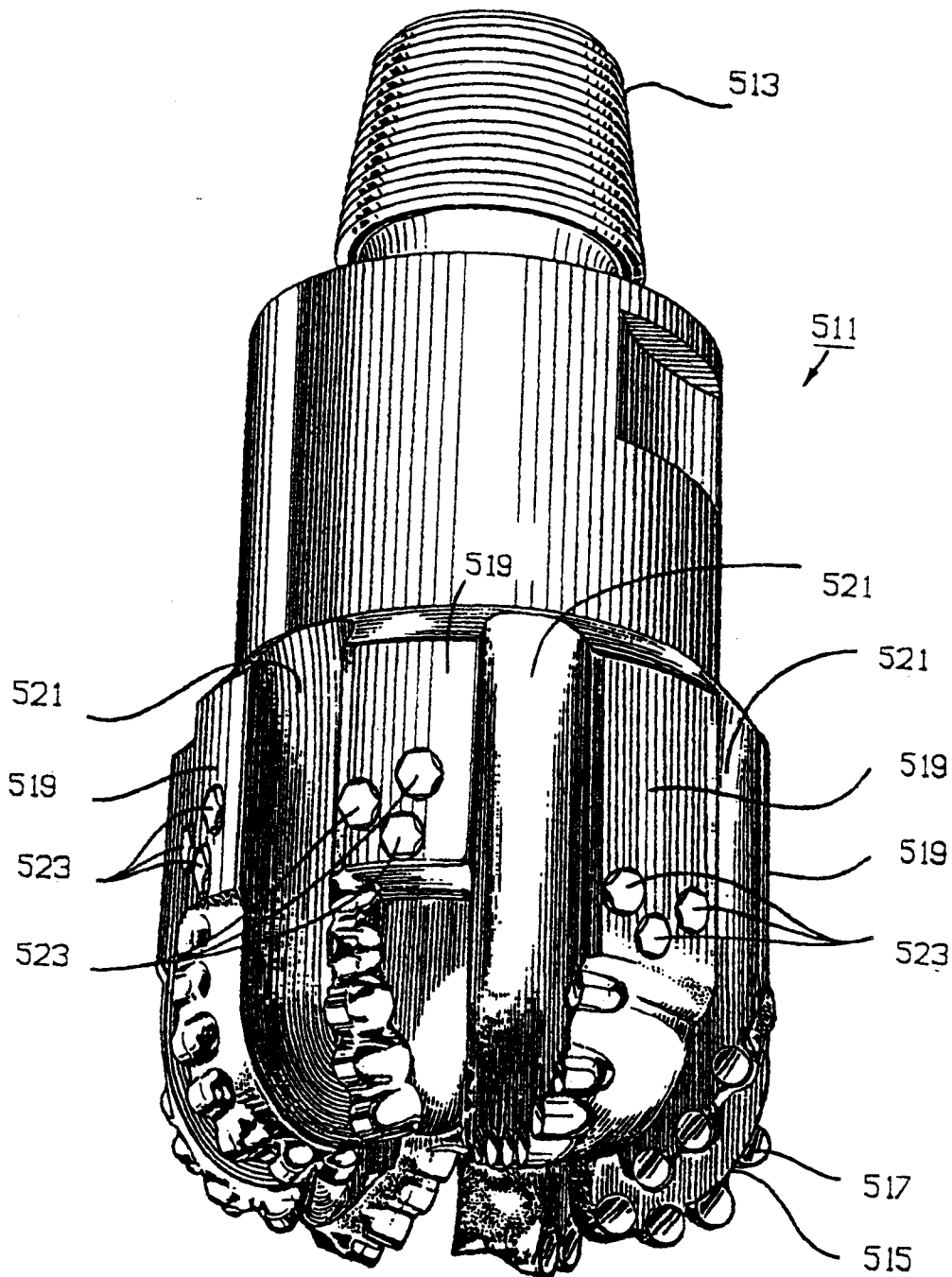


FIG. 10

Per incarico di: BAKER HUGHES INCORPORATED

C.C.I.A.A.
Torino

Ampl
ANSELMI EDITING
2001 A00 1026

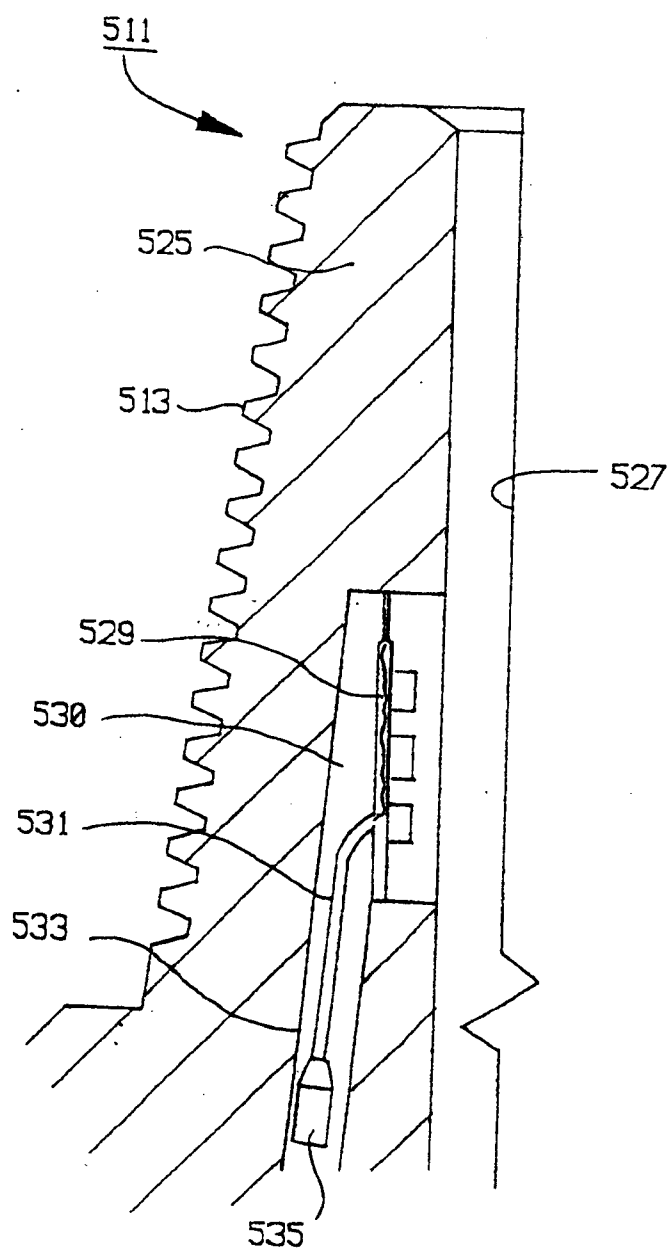


FIG. 11

FIG. 12

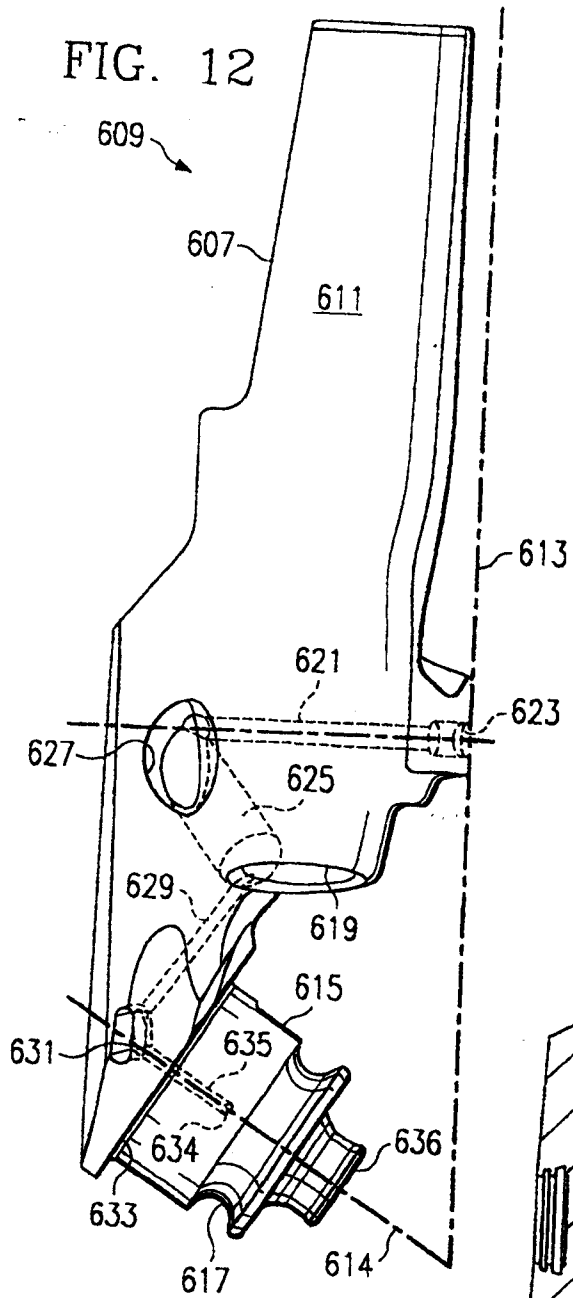
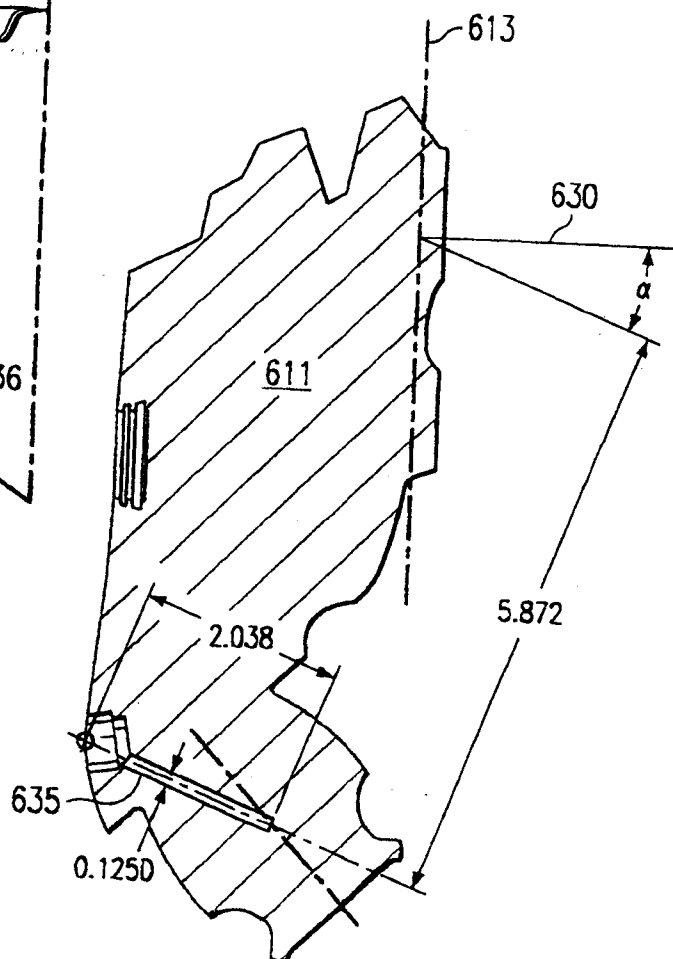


FIG. 13



Cl. 100.00
T. 100.00

TO 2001 A 00 102 6

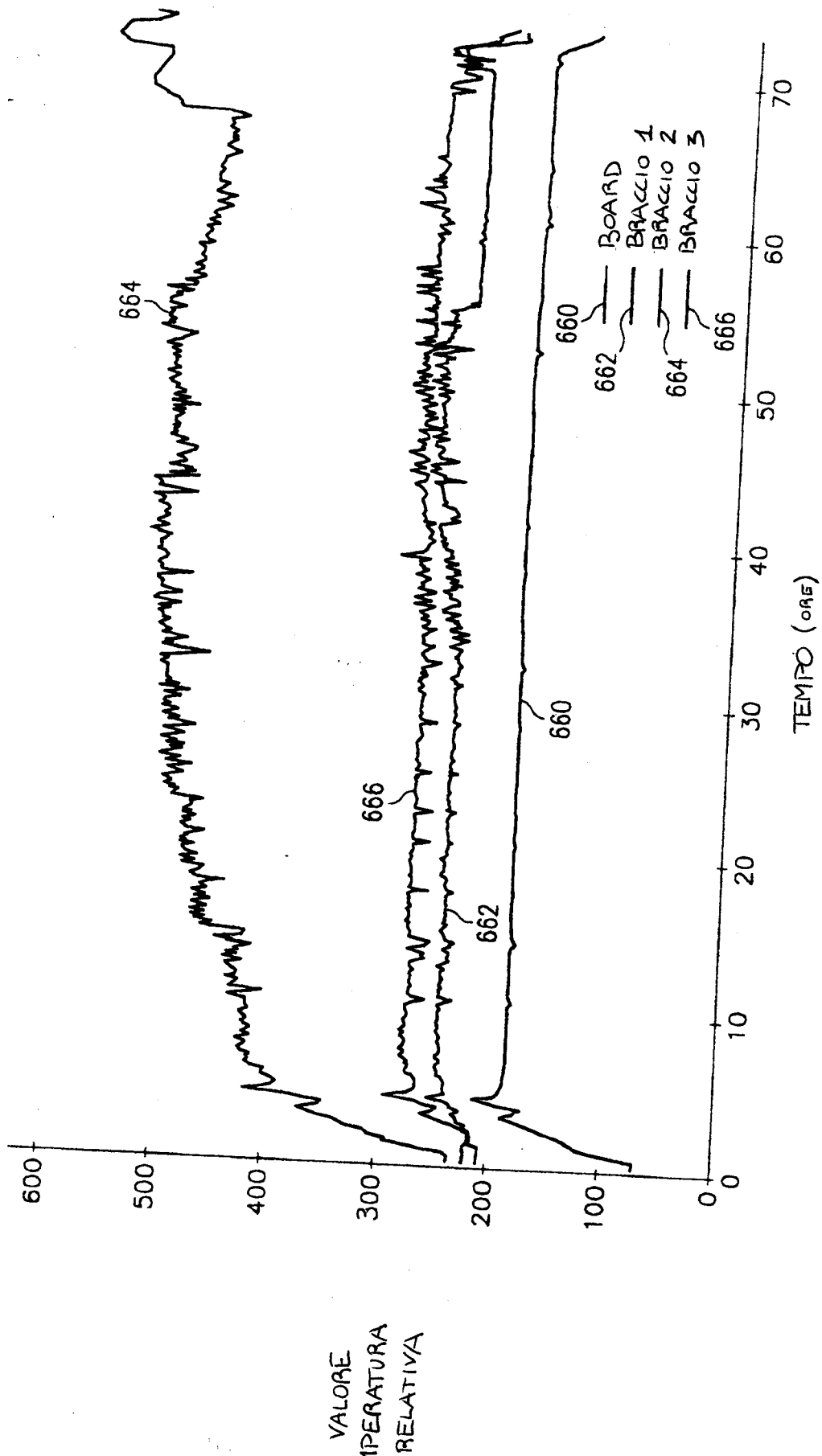
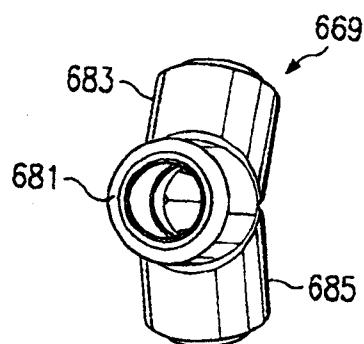
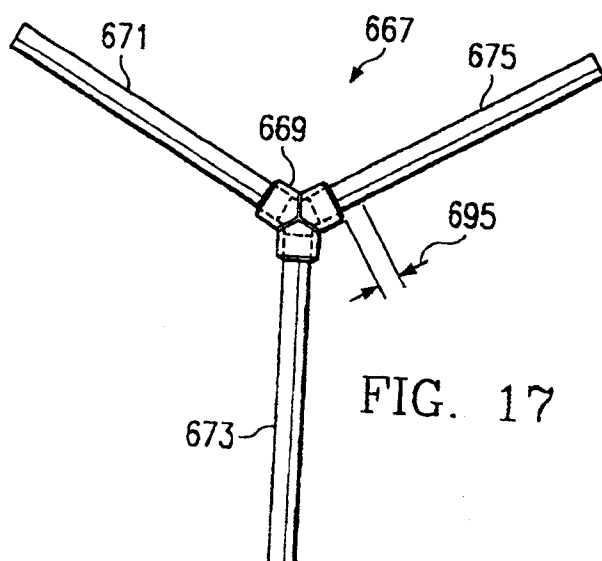
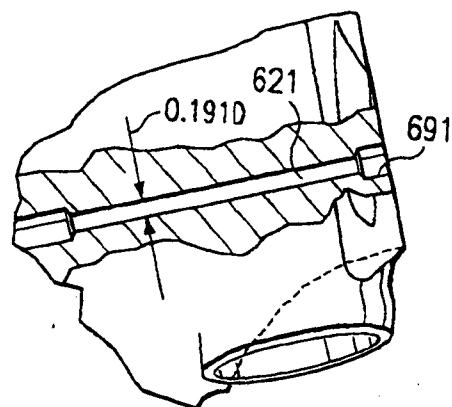
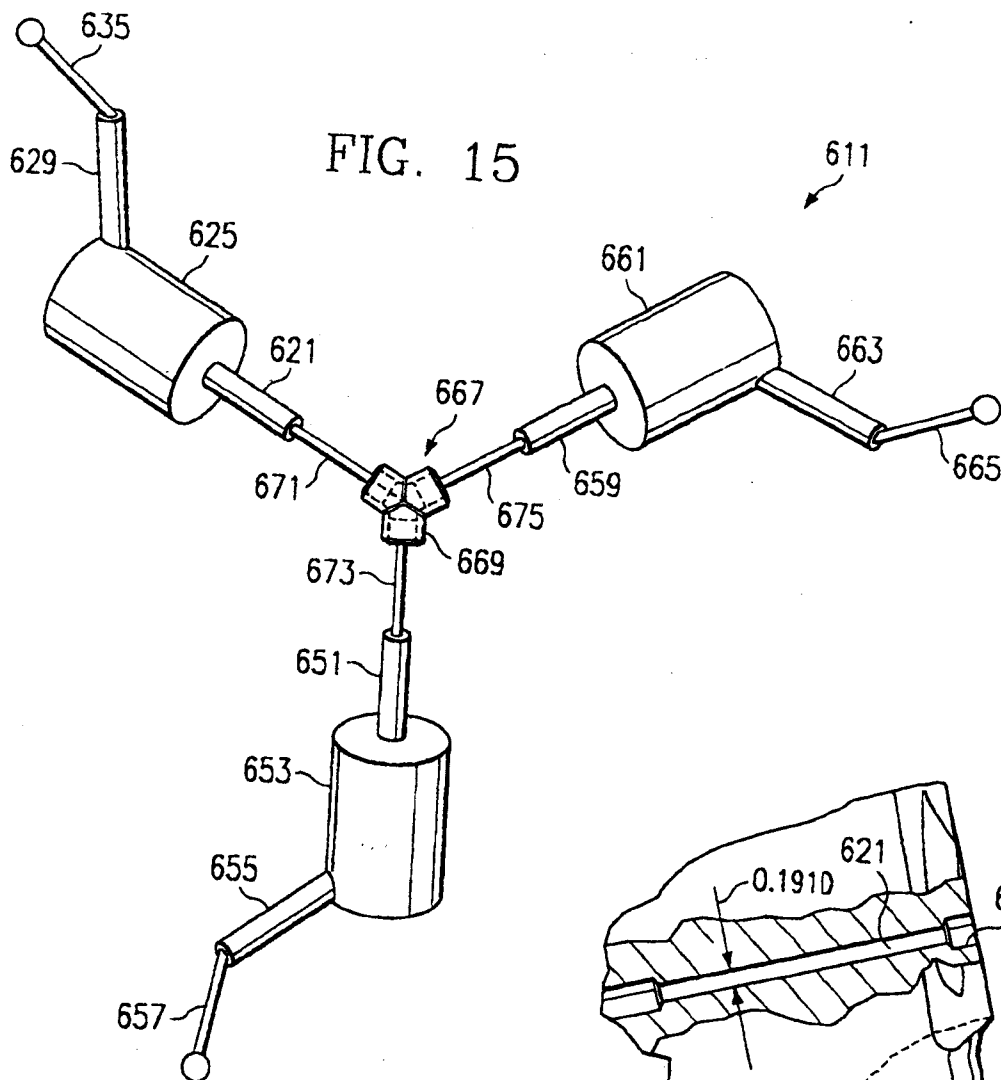


FIG. 14

C.C.I.A.A.
Torino



9
C.A.A.
10/10/00

[Handwritten signature]

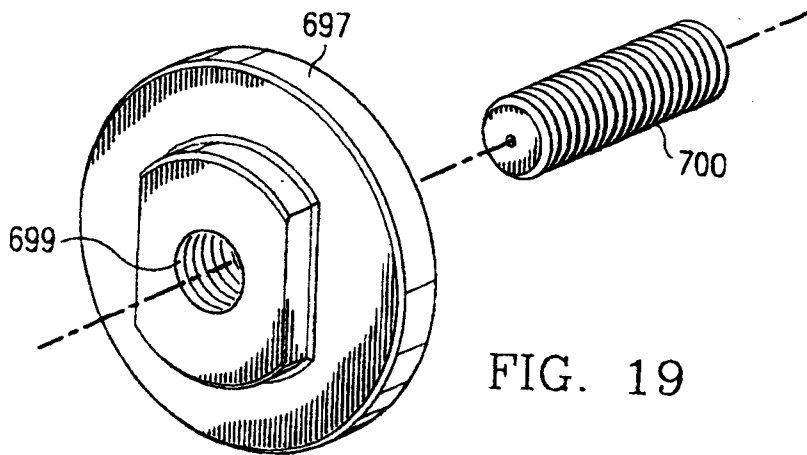


FIG. 19

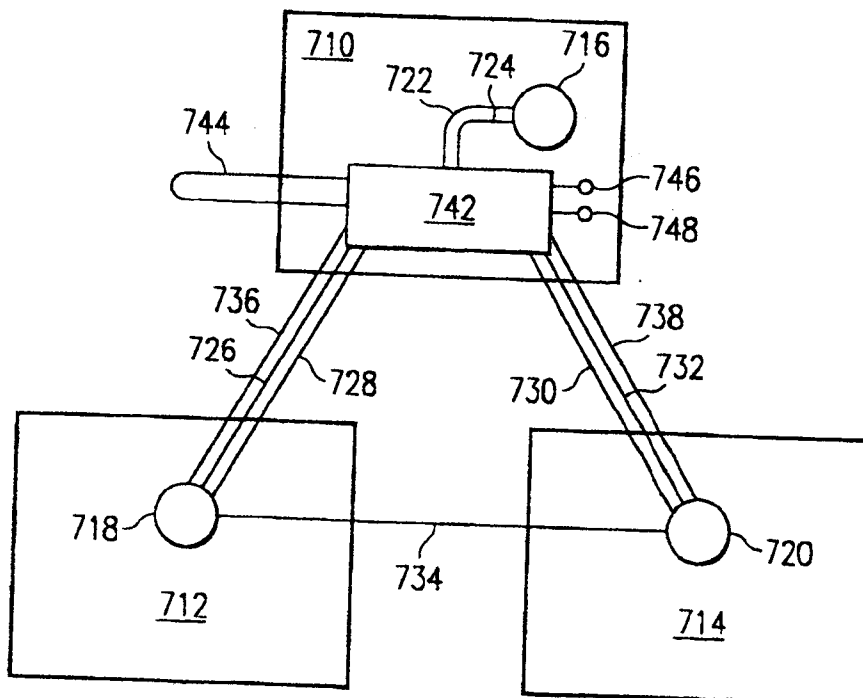


FIG. 20

CLC.A.A.
Torino

Angelo

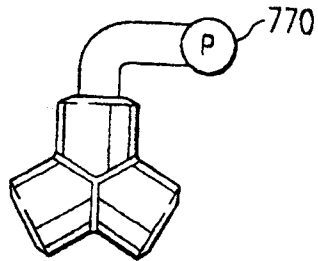


FIG. 21

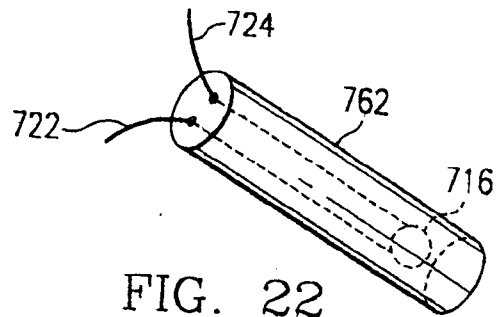


FIG. 22

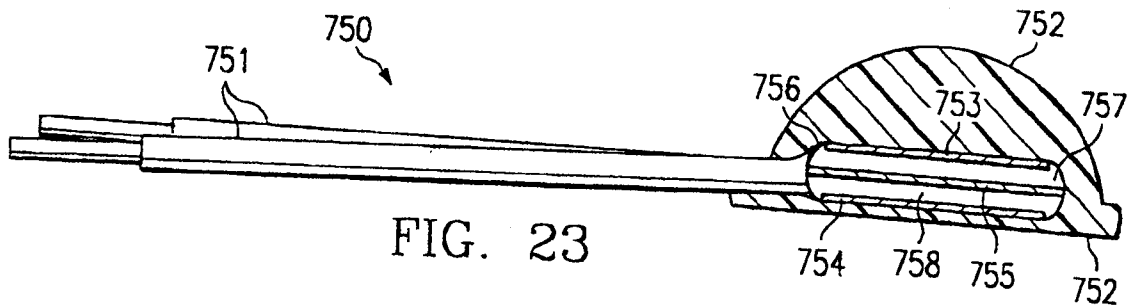


FIG. 23

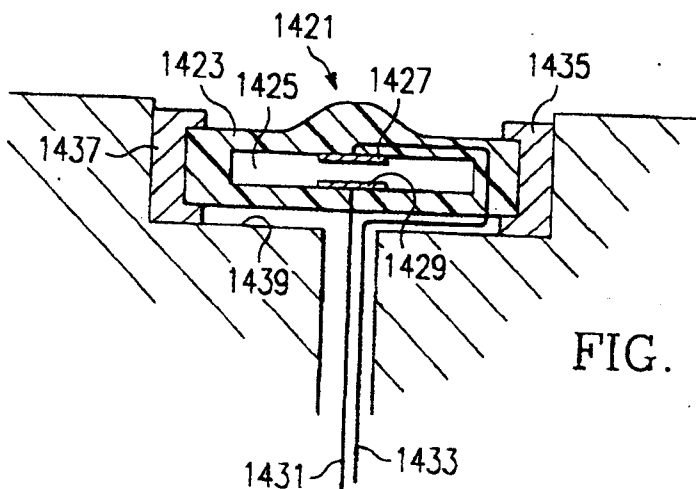


FIG. 24

C.C.I.A.A.
Torino

Appl
INGEGNERIA
TORINO

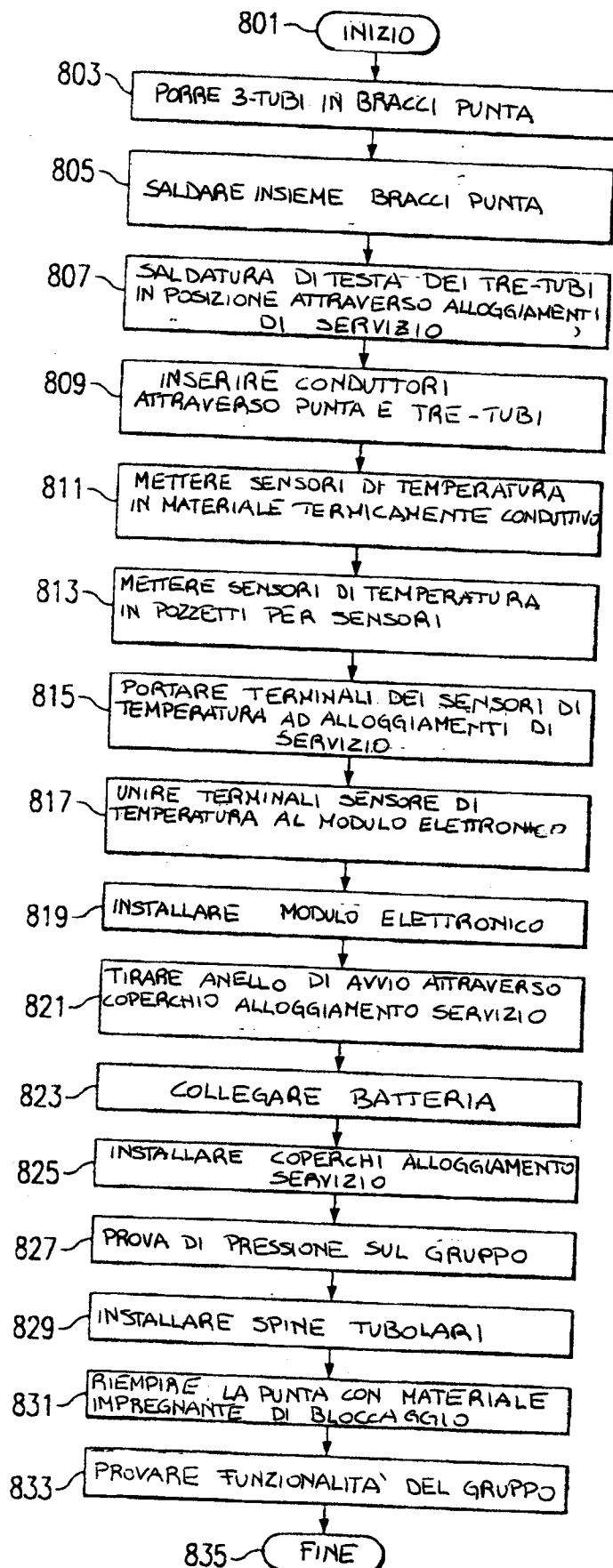
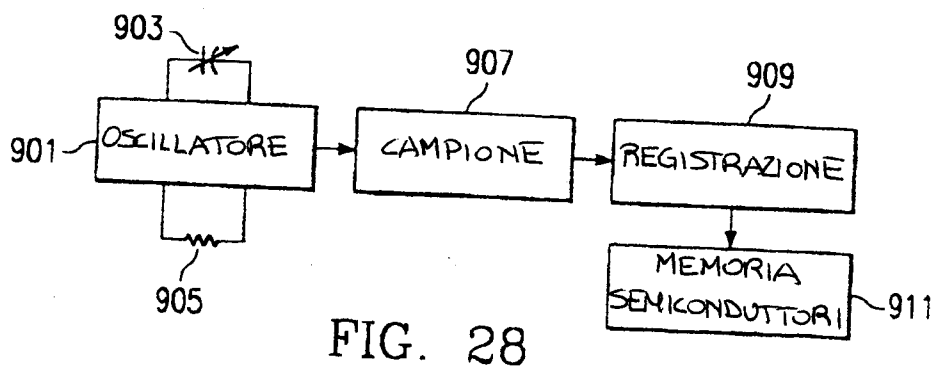
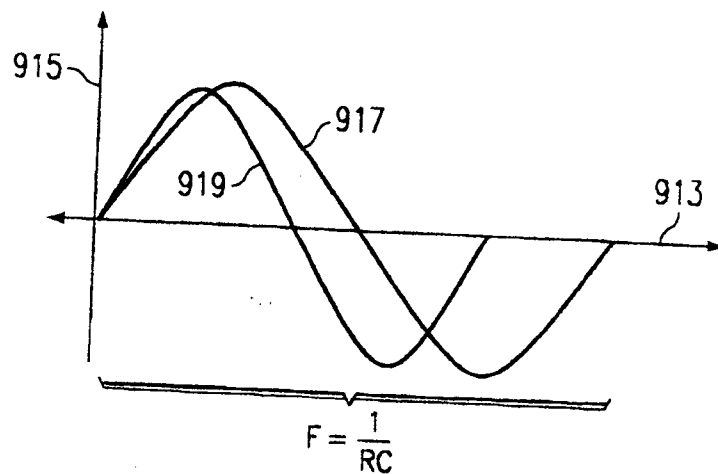
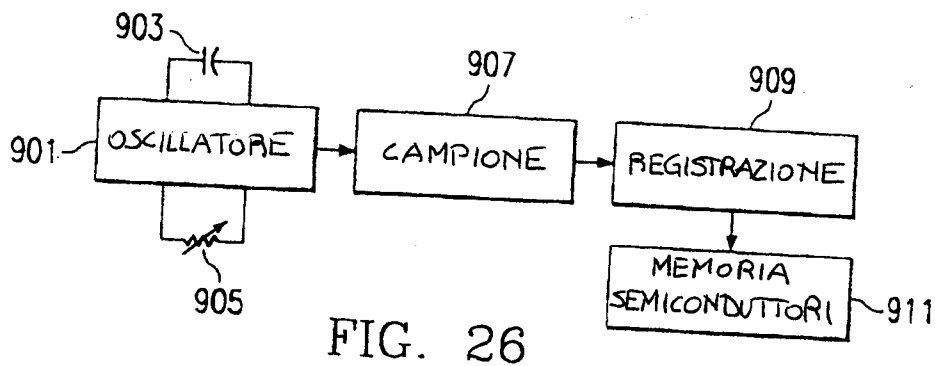


FIG. 25

C.C.I.A.A.
Torino



C.C.I.A.A.
Torino

TO 2001 A00 1026

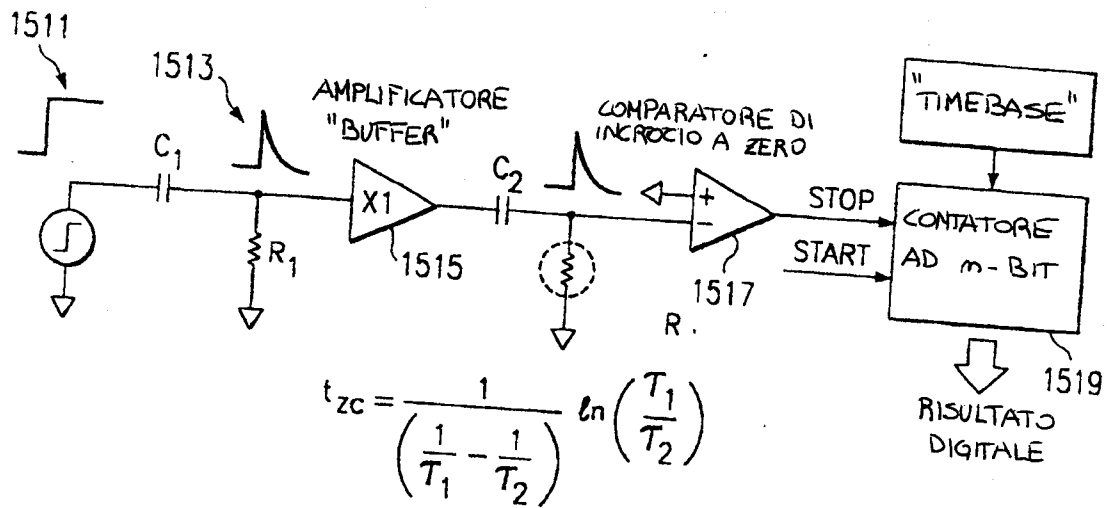


FIG. 29A

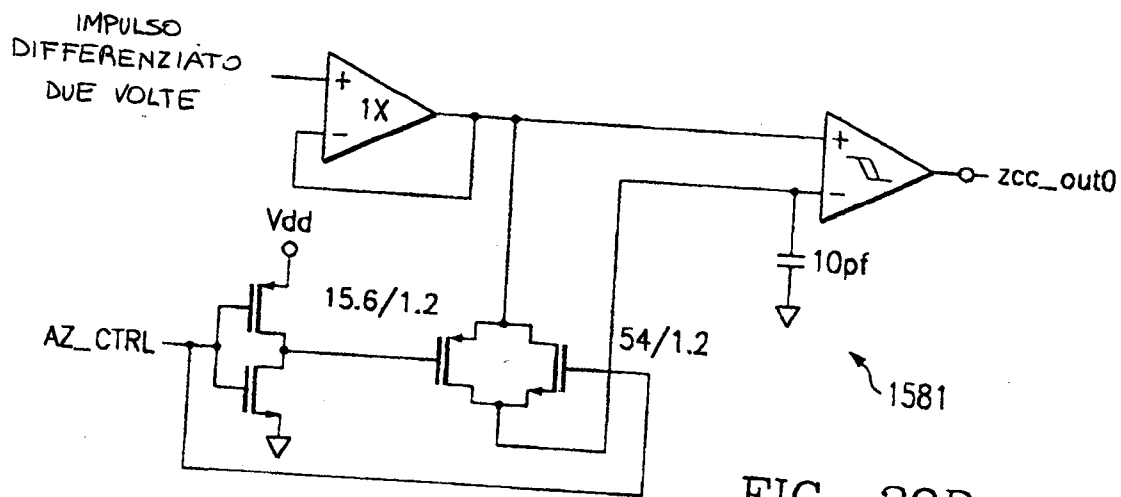
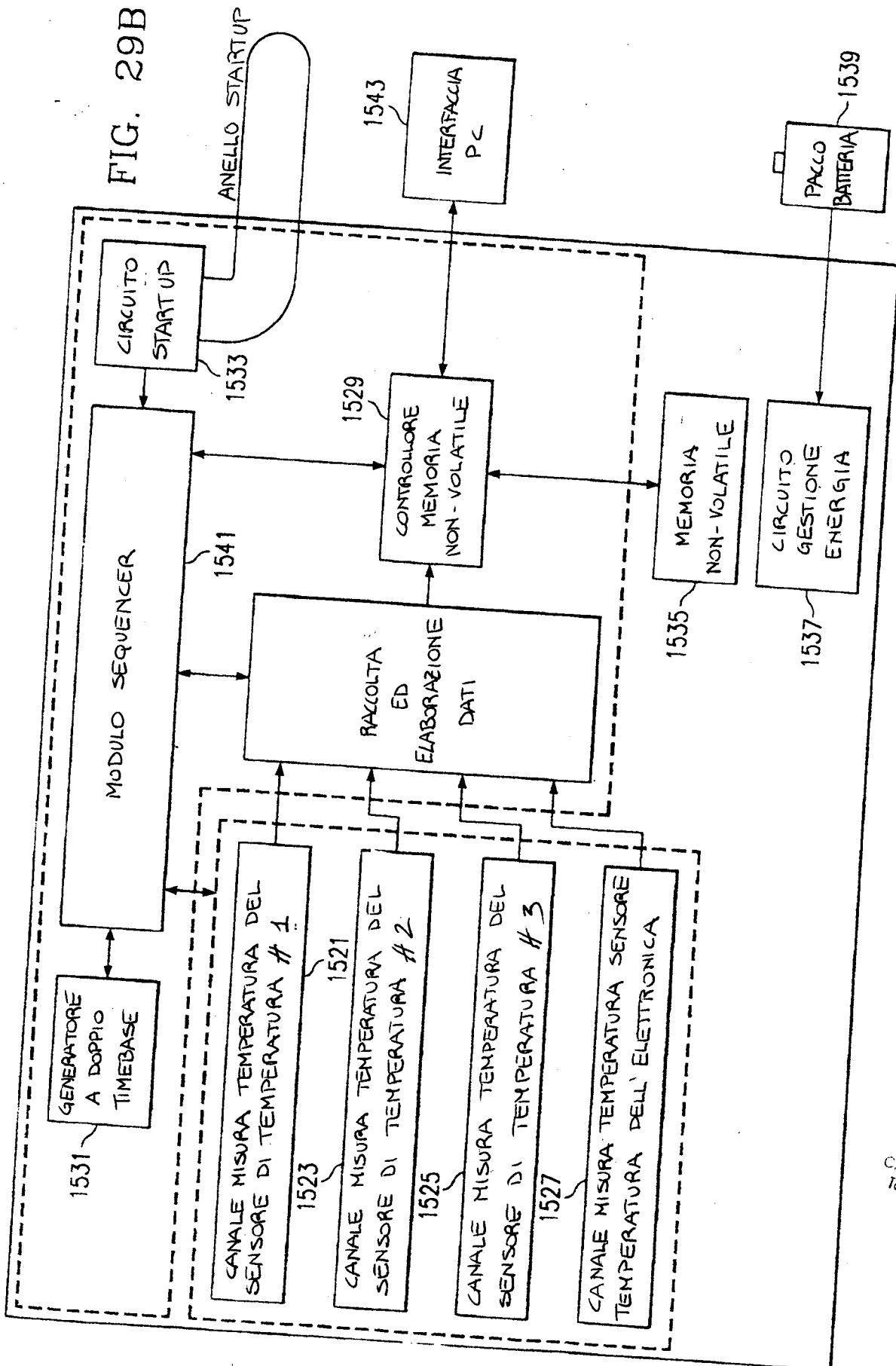


FIG. 29D

FIG. 29B



C.C.I.A.A.
Torino

ANGELO PERBINO
1998

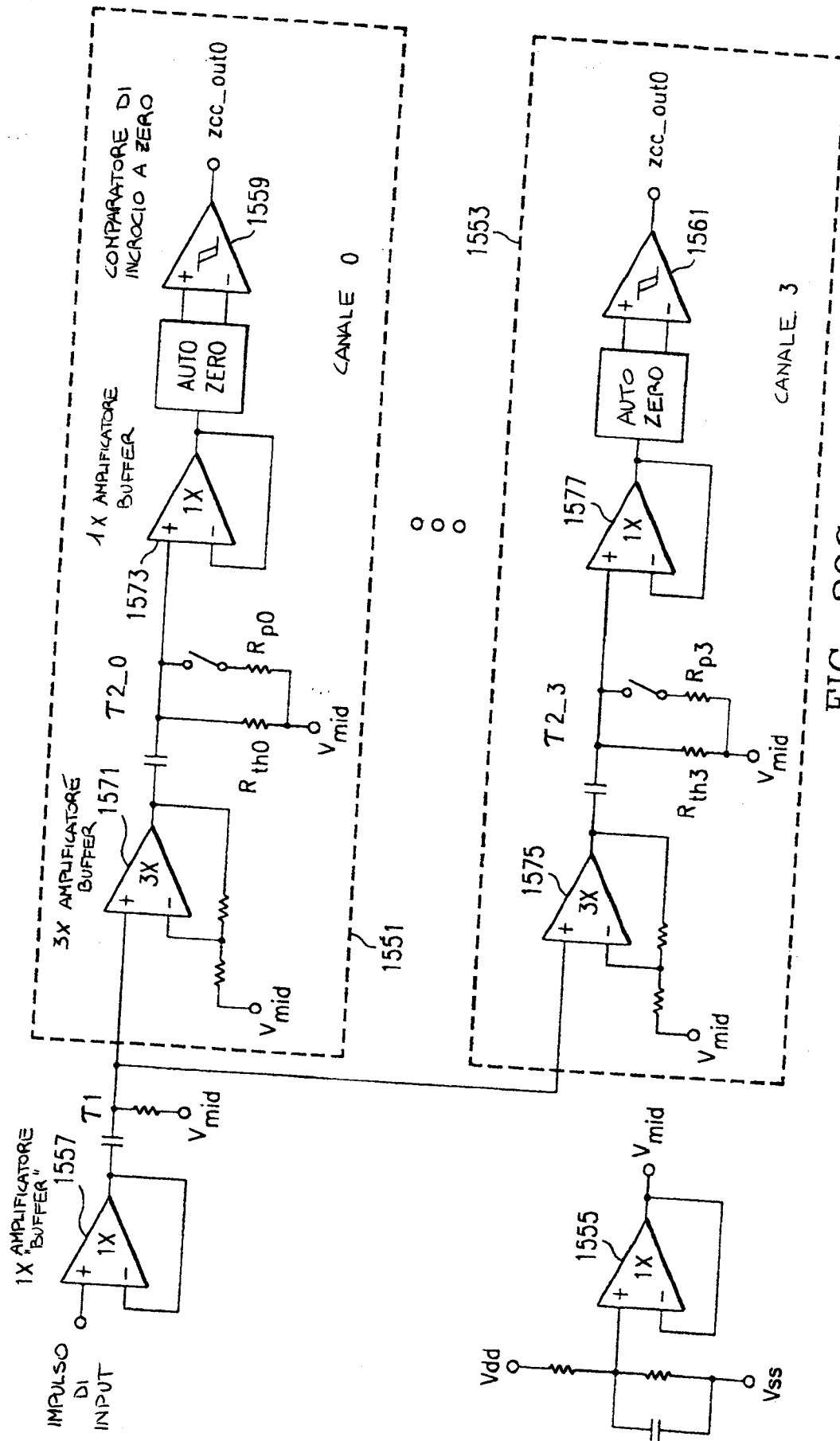


FIG. 29C

C. C. A. 4.
Toring

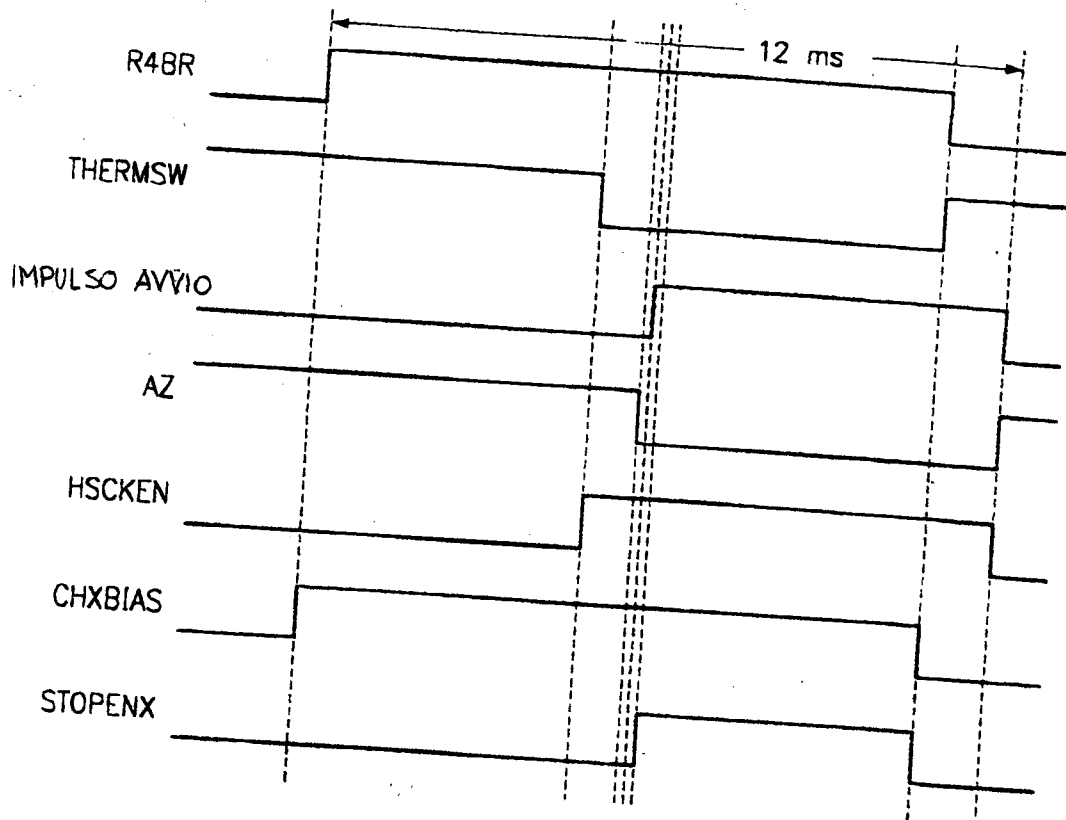


FIG. 29E

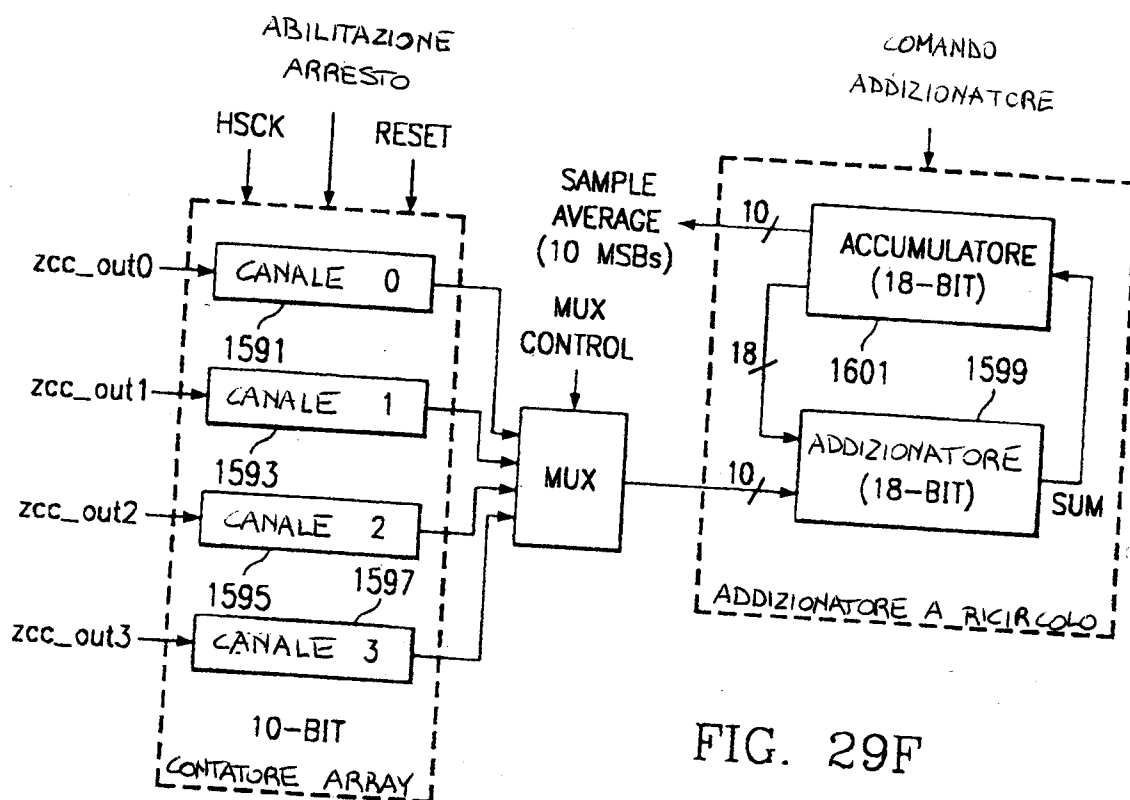
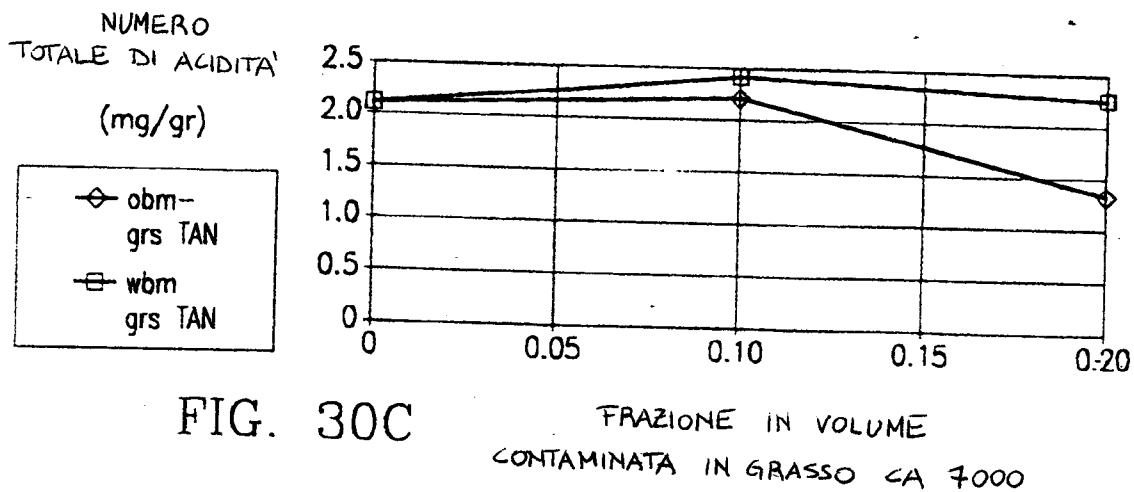
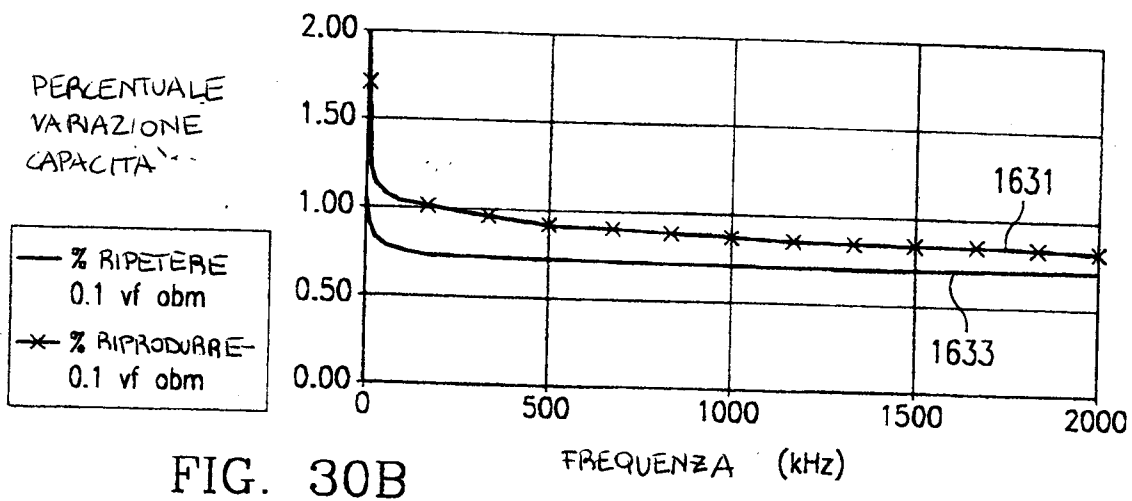
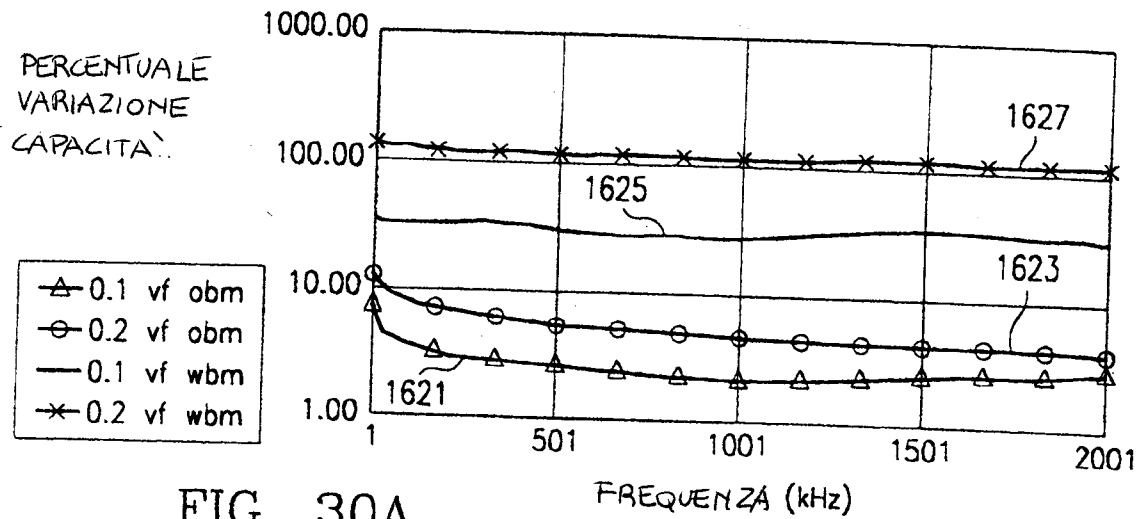
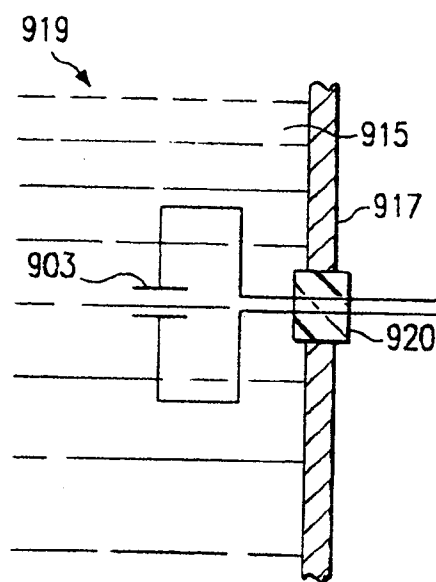
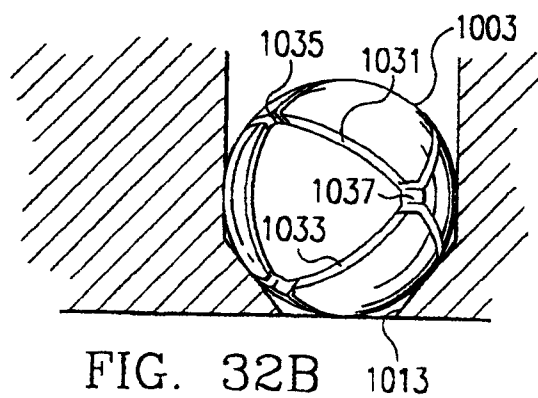
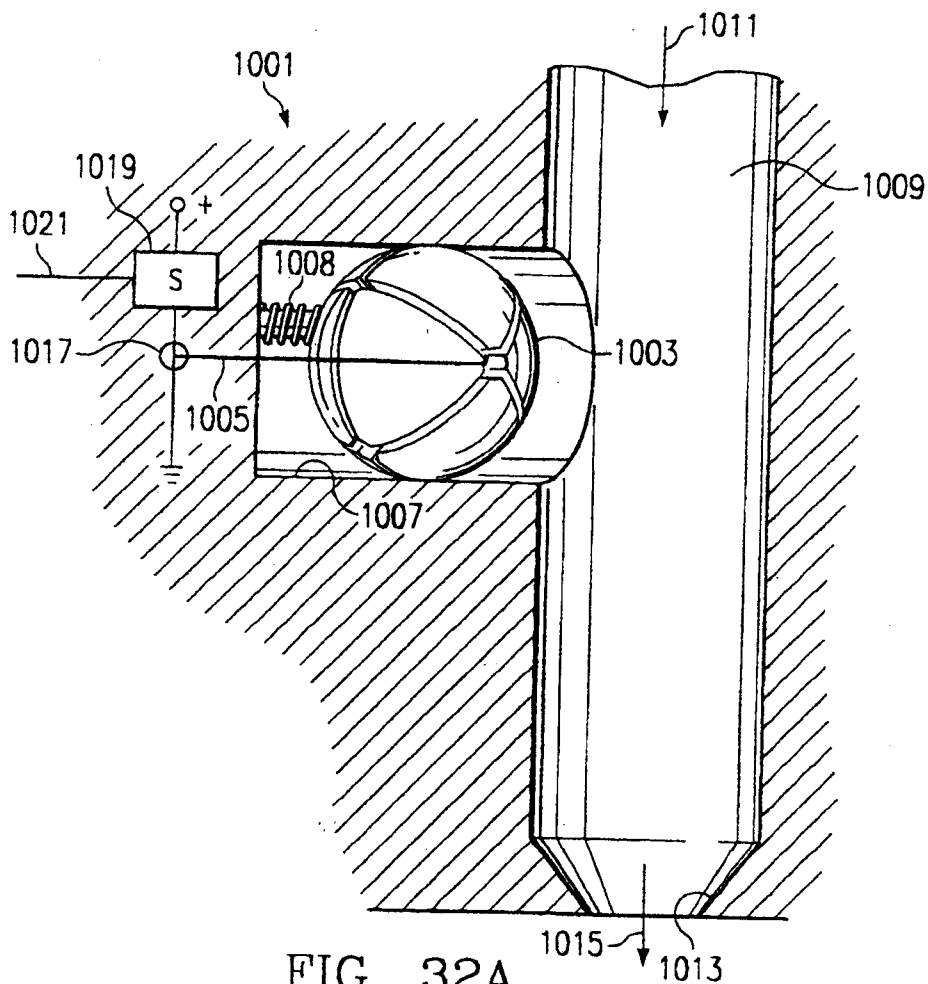


FIG. 29F



C.C.I.A.A.
Torino



C.C.I.A.A.
Torino

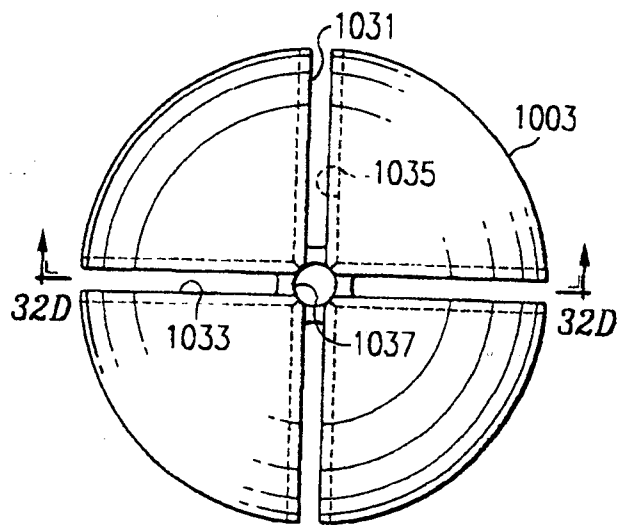


FIG. 32C

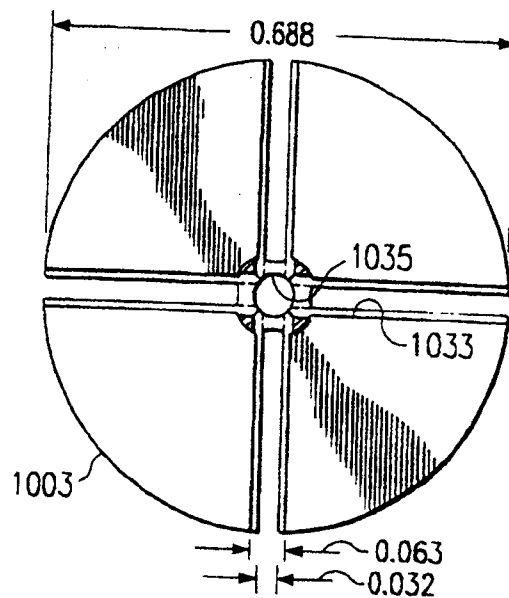


FIG. 32D

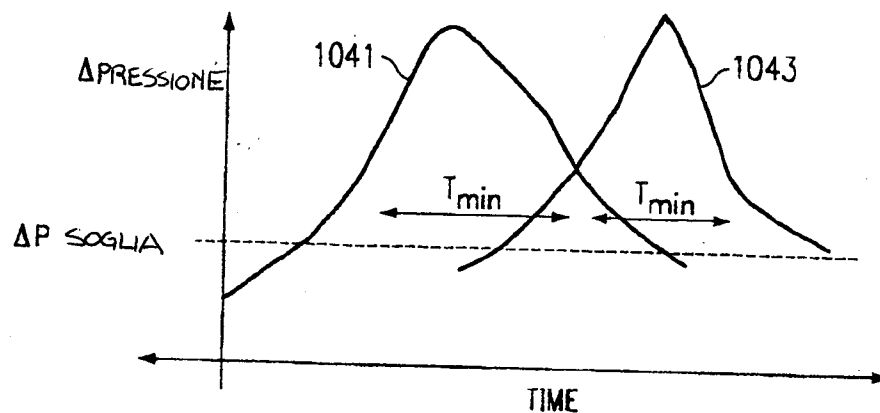


FIG. 32E

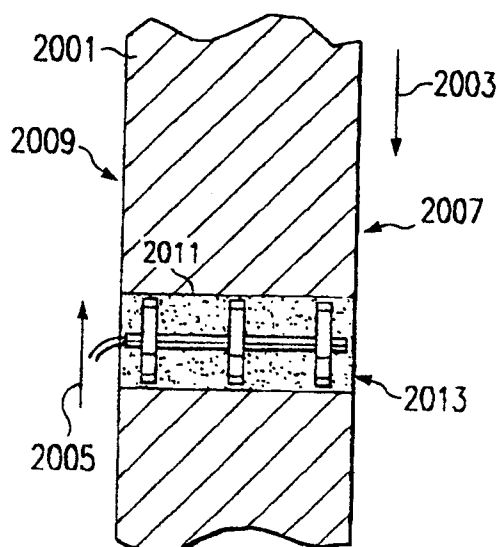


FIG. 33

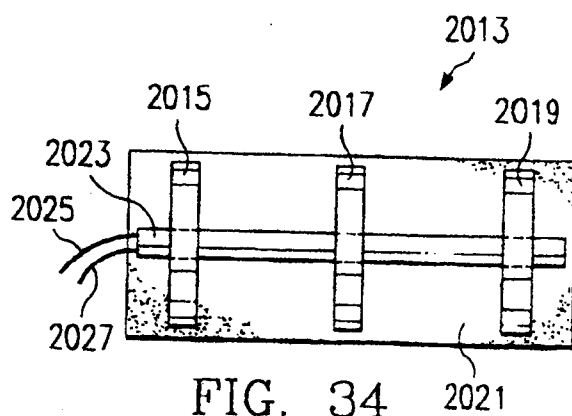
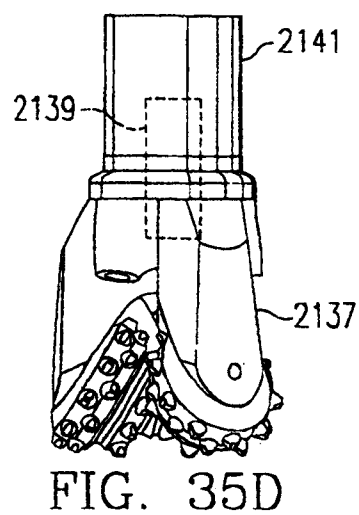
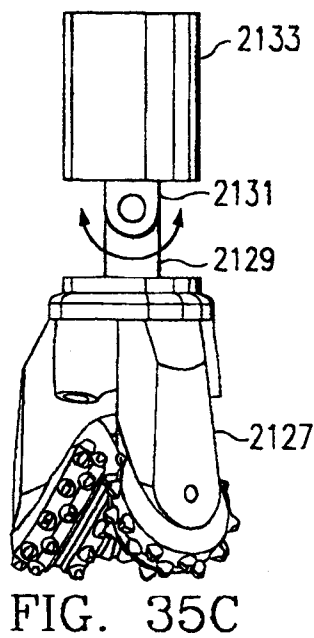
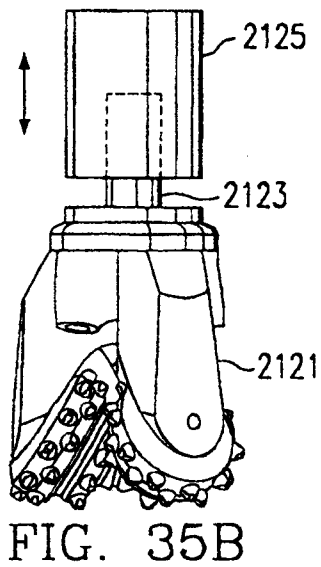
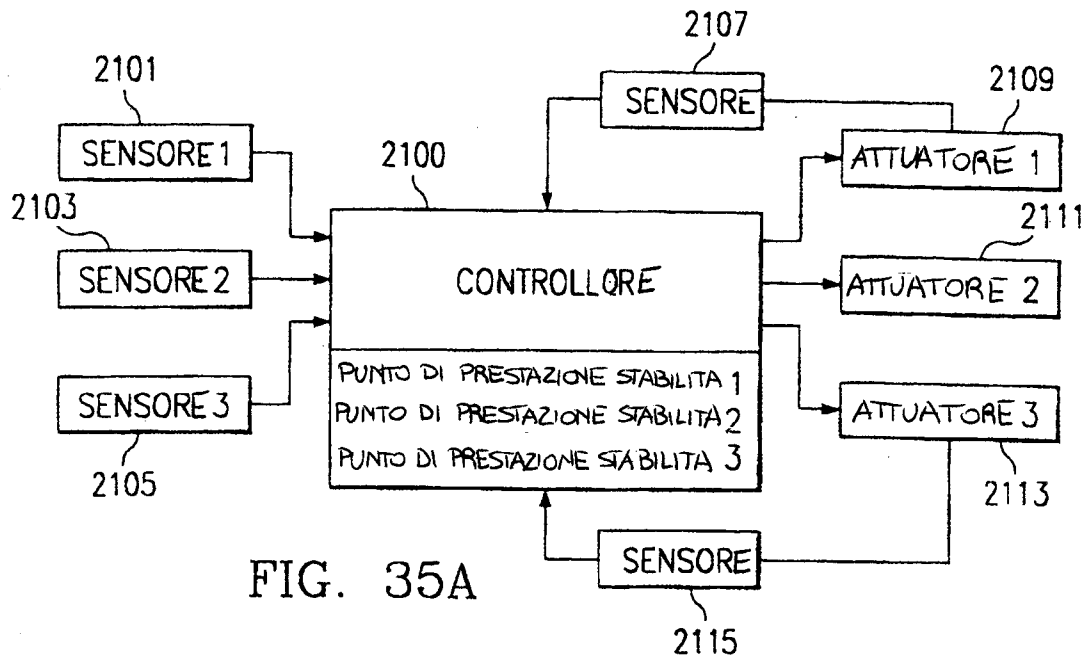


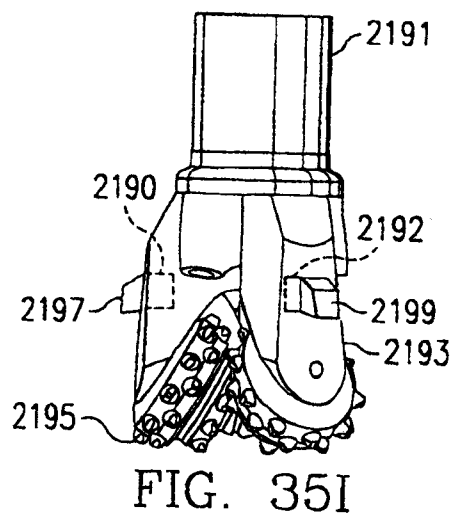
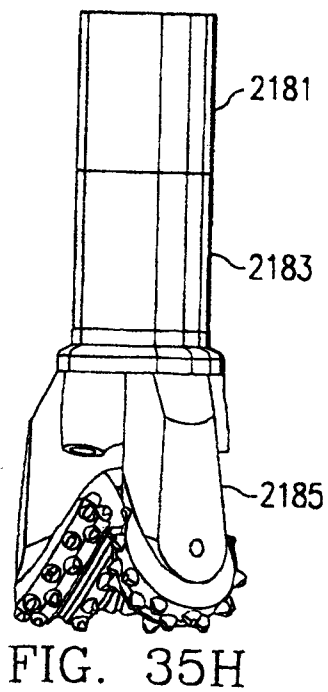
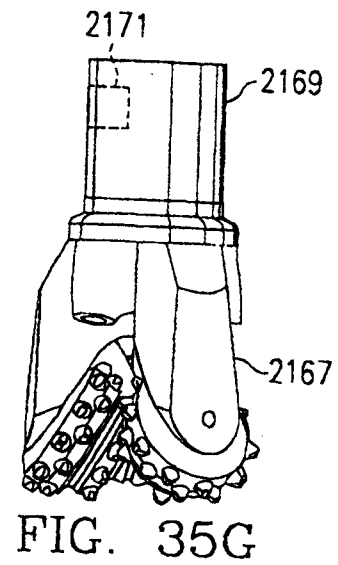
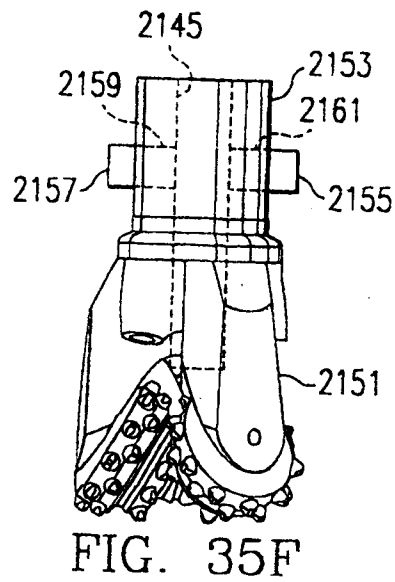
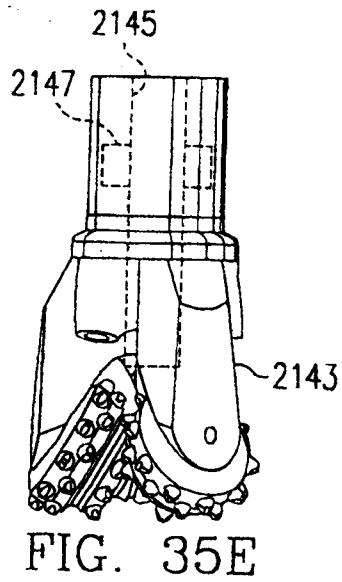
FIG. 34

C.C.I.A.A.
Torino



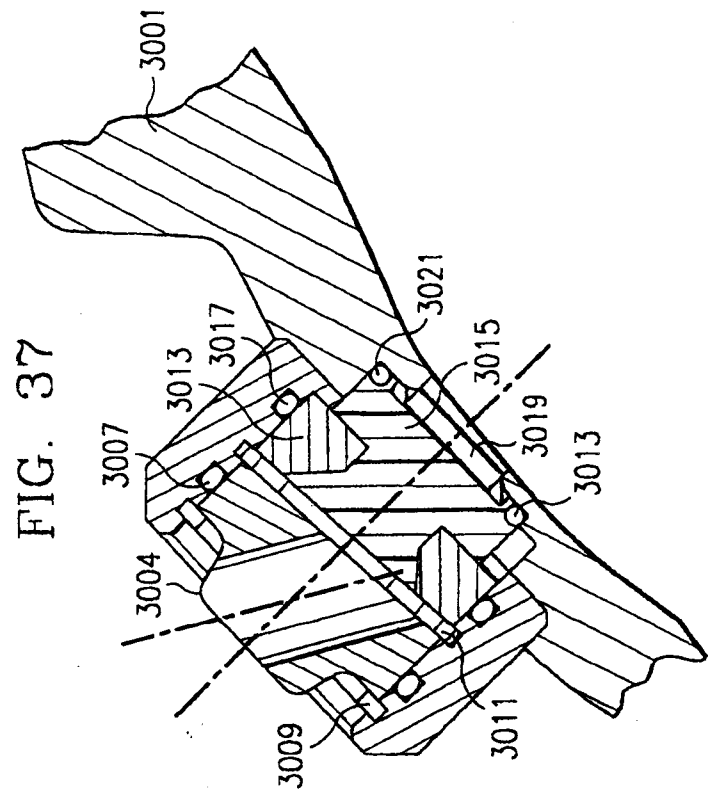
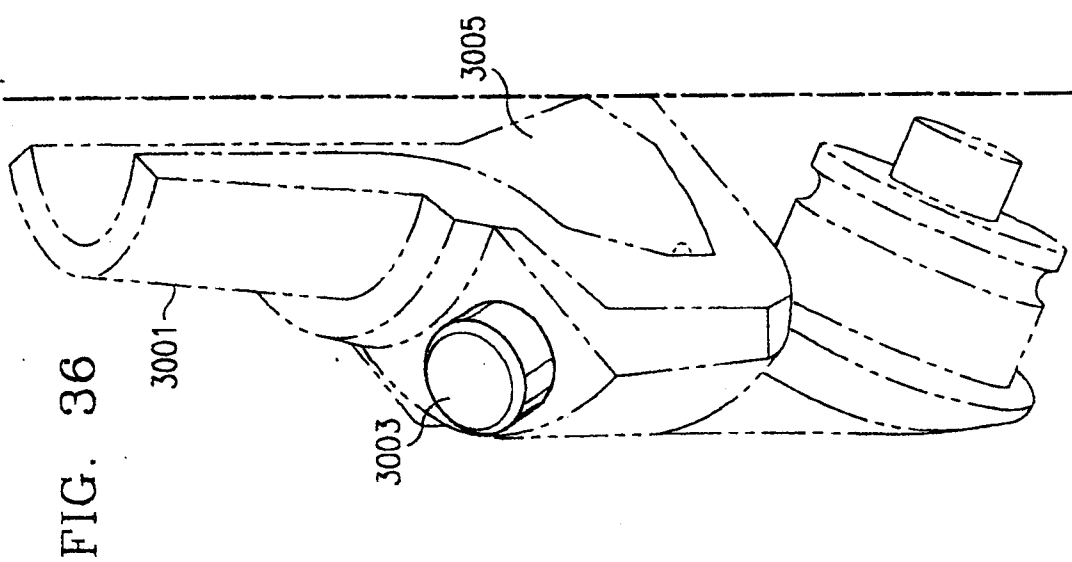
C.C.L.A.A.
Torino

Angelo Gerbino



C. CHIA
F. RINO

TO 2001 A00 1026



C.C.I.A.A.
Torino

ANGELO GERARDI
(1361 No. 4880M)
Angelo

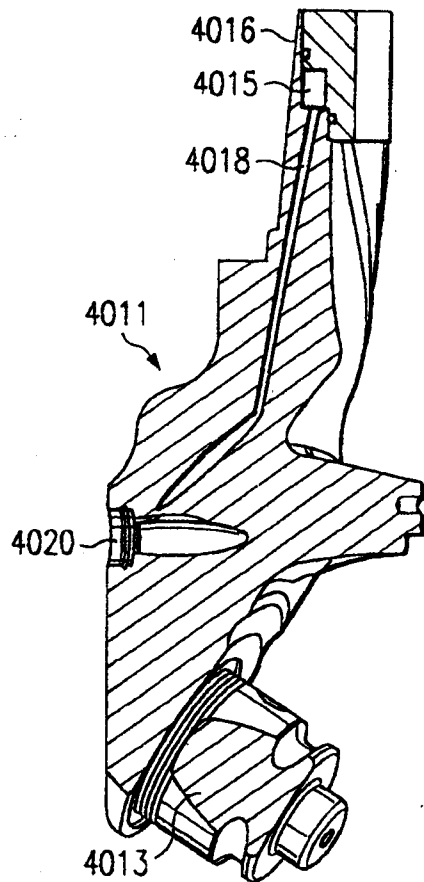


FIG. 38A

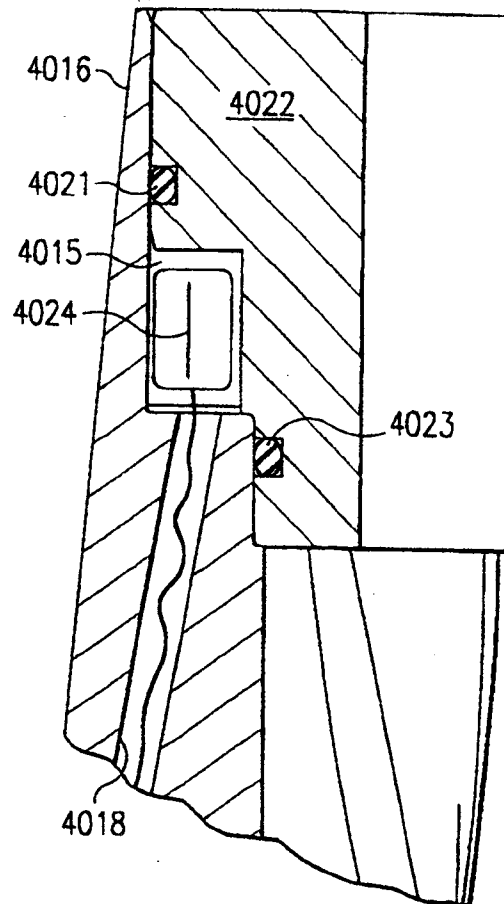


FIG. 38B

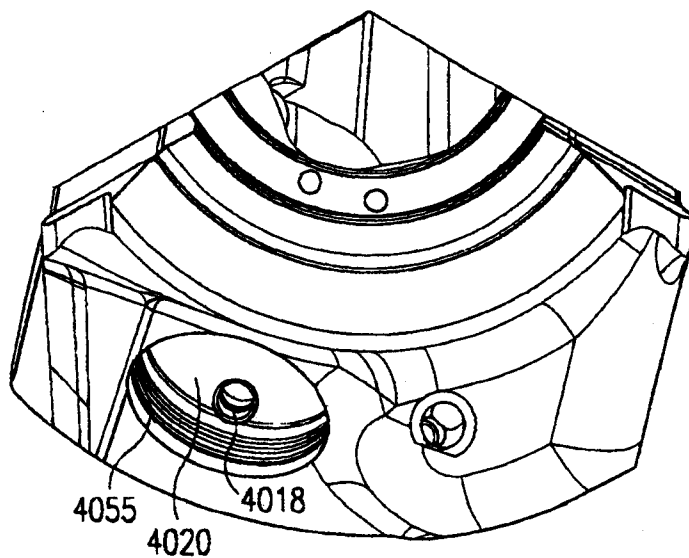



FIG. 38C


 G. L. A. A.
 Torino

PRODOTTO E DISTRIBUITO
 IN ITALIA DA
 G. L. A. A. TORINO


TO 2001 A00 1026

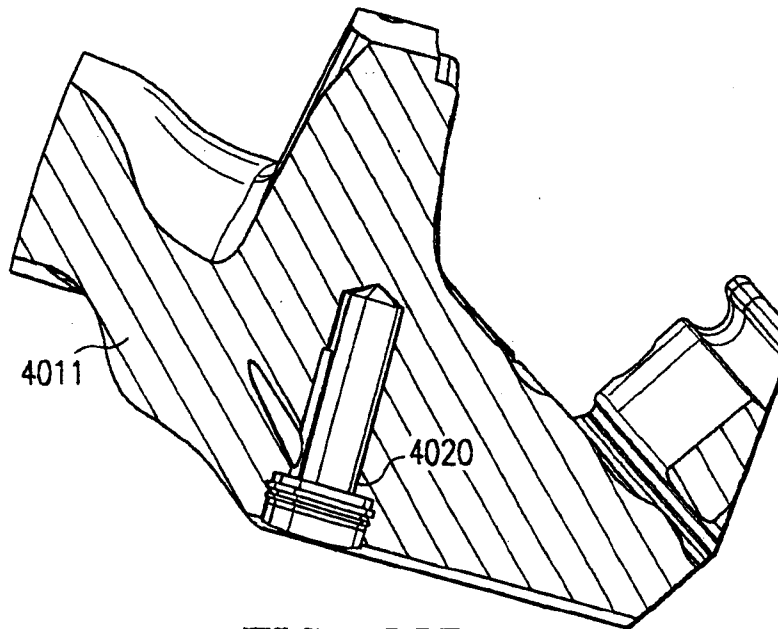


FIG. 38D

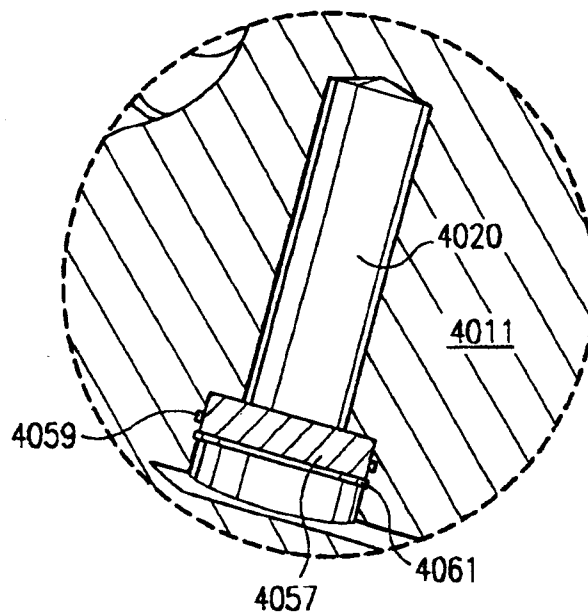


FIG. 38E

C.C.I.A.A.
Torino

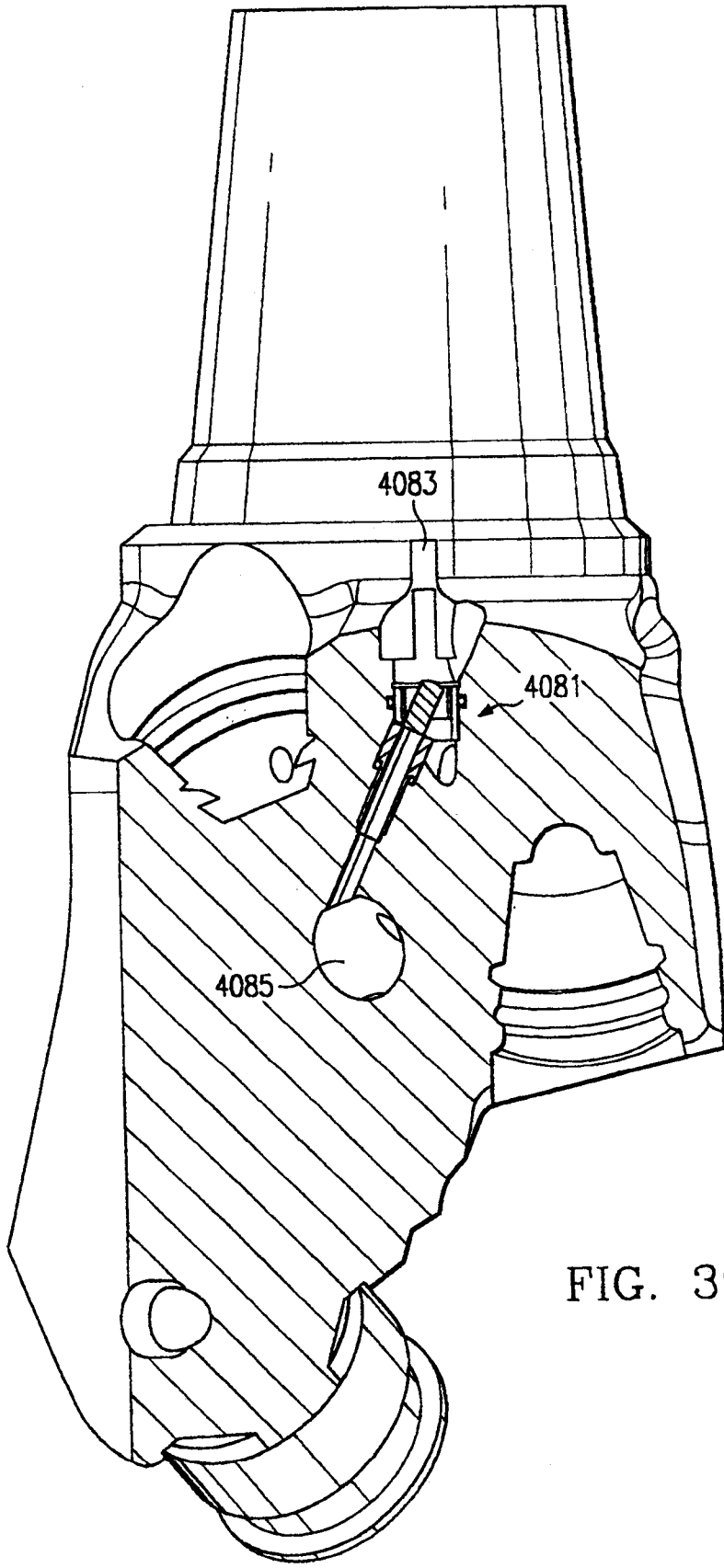


FIG. 39A

CC.AA.
torino

ANGELO GEMINO
(1967-1990)
Ang

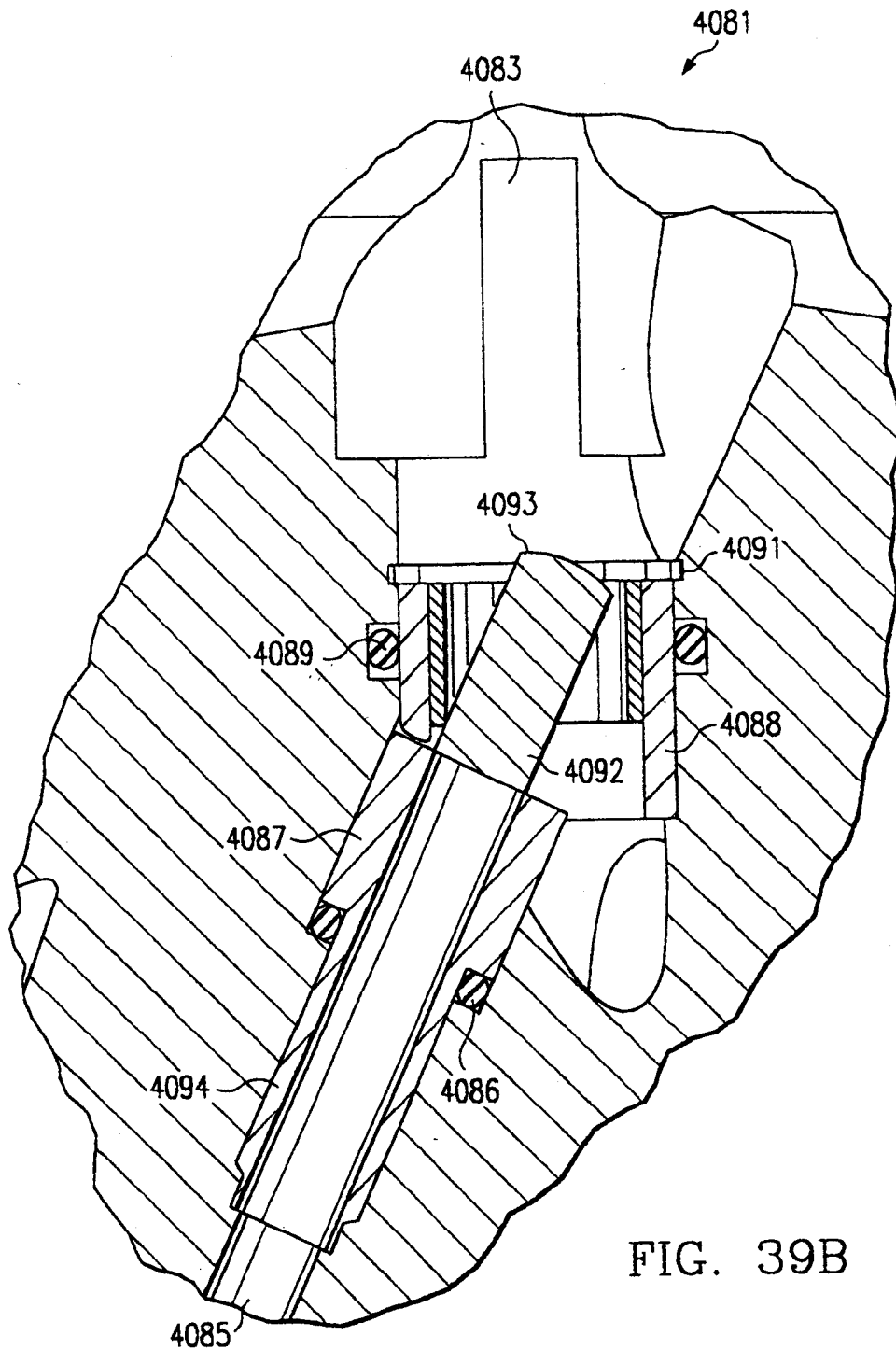


FIG. 39B

C.C.I.A.A.
Torino

ANGELO GERBINO
(Iscri. No. 488BM)

Angelo Gerbino

TO 2001 A00 1026

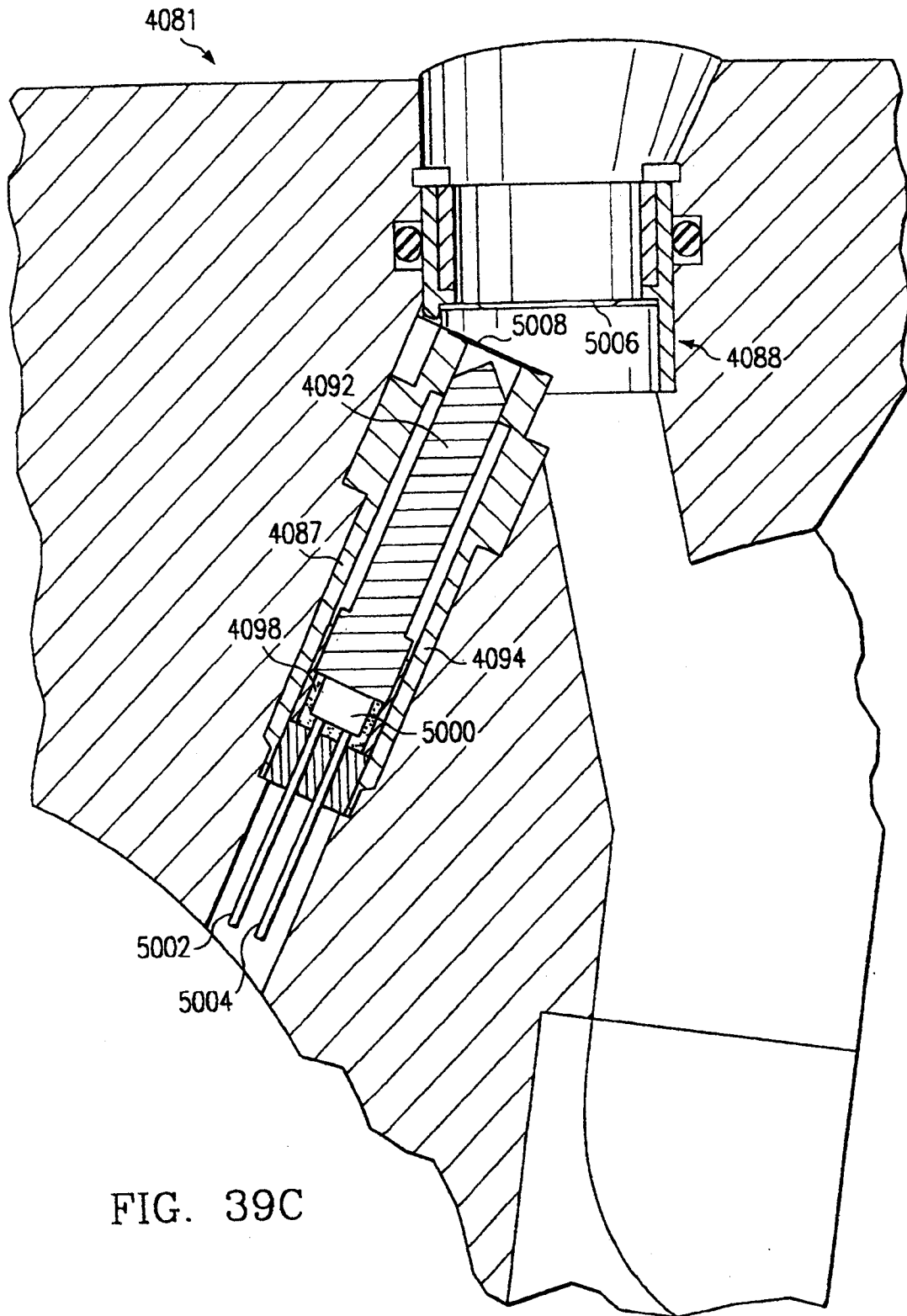
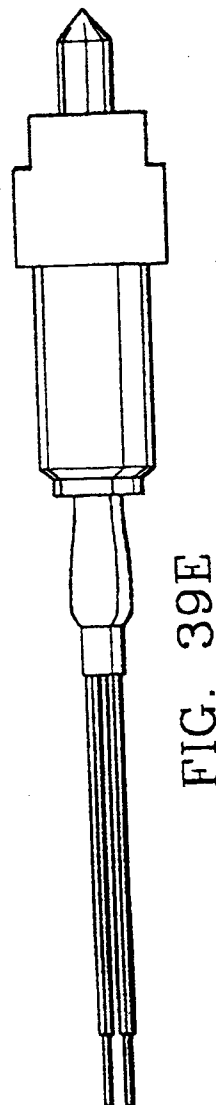
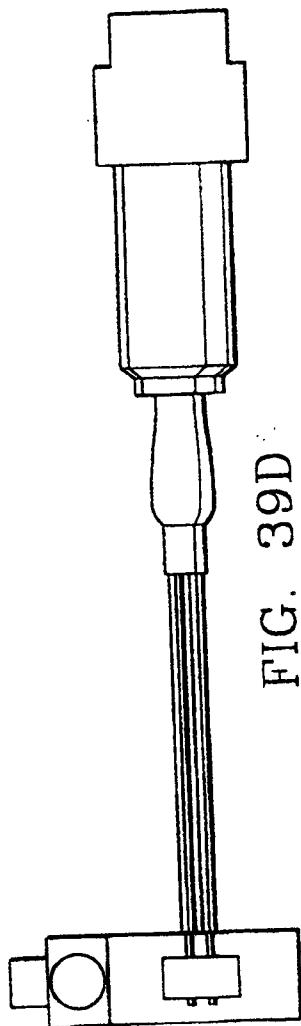


FIG. 39C

9
C.O.I.A.A.
Torino

ANGELO GERBINO
P.E. 10/03/01

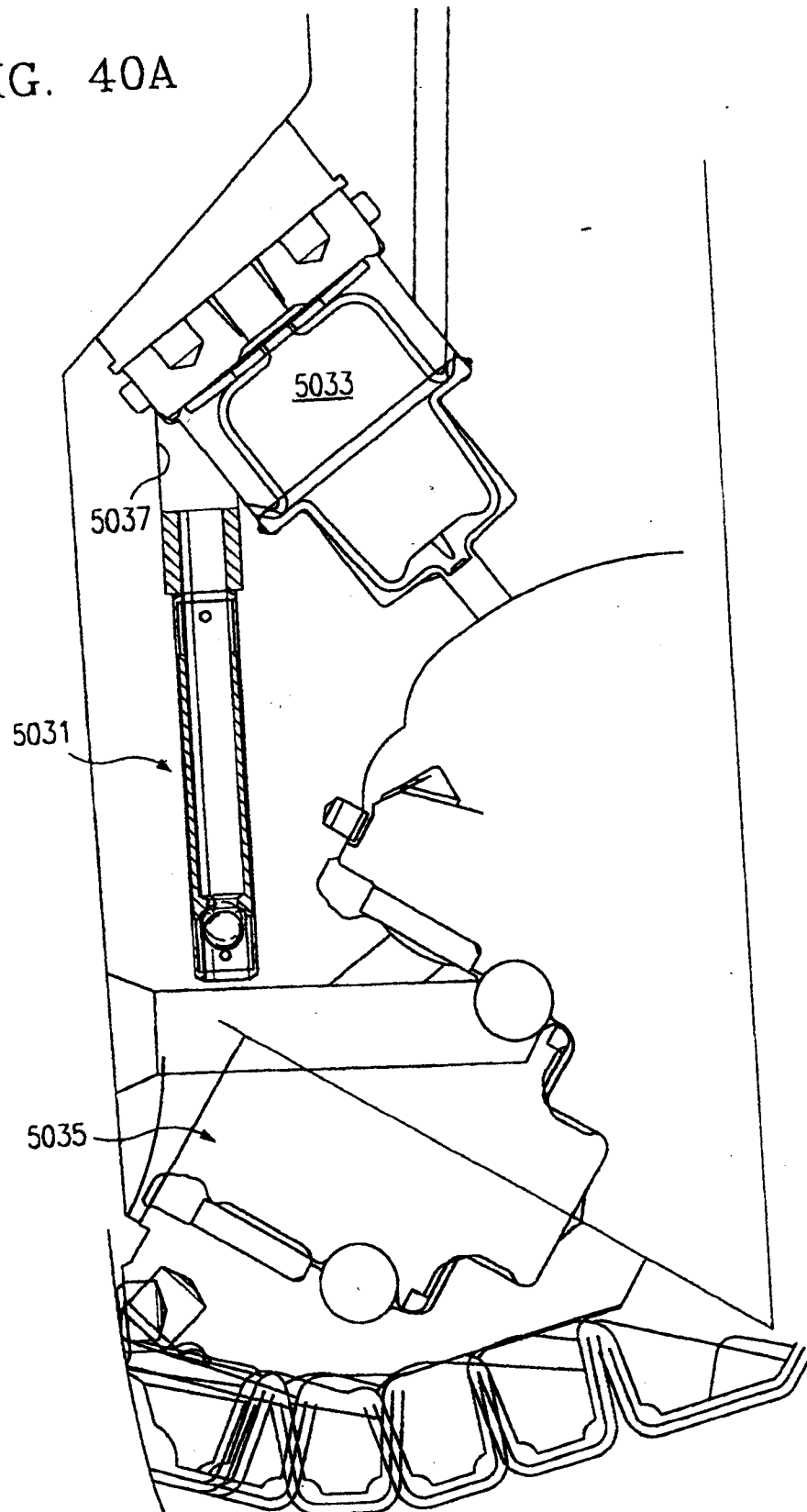
Ampl



9
D.C.I.A.A.
Testing

ANGELO GERBINO
2001 A00 1026
Am

FIG. 40A



U.S. PAT. & TM. OFF.
WASHINGTON, D.C. 20540

RECEIVED
NOV 10 1994
U.S. PAT. & TM. OFF.
WASHINGTON, D.C. 20540

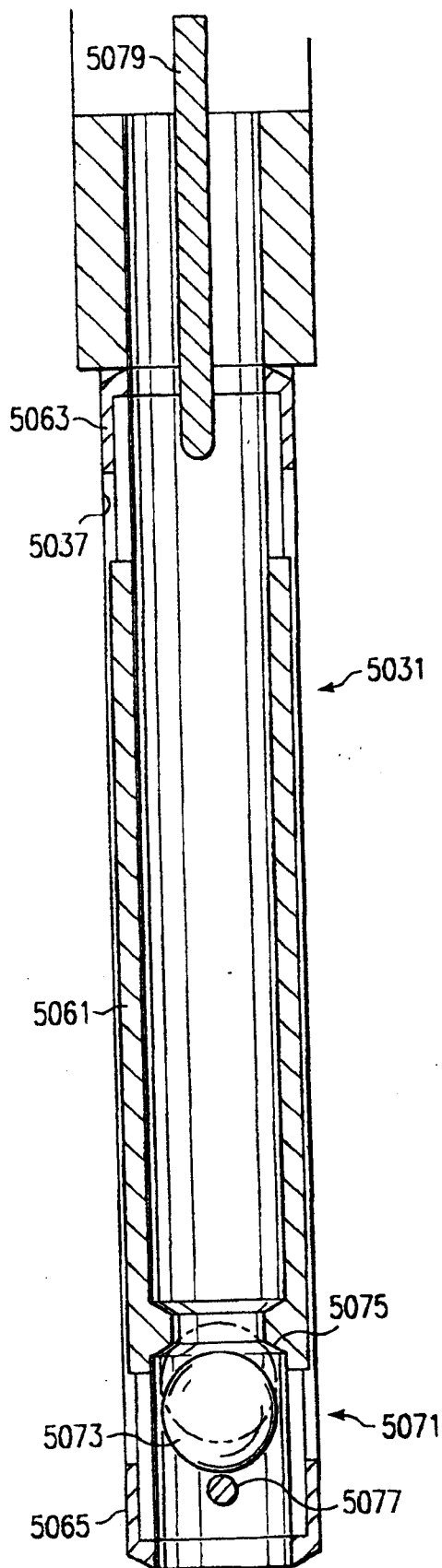


FIG. 40B

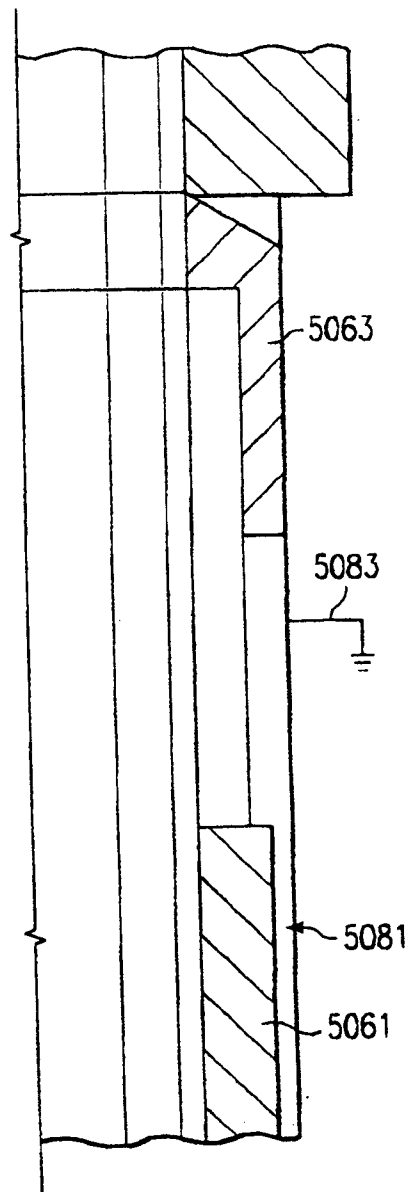


FIG. 40C

2001 A00 1026

ANGELO GERBINO
(2001 A00 1026)
April