Machine Translated by Google

I Computer Meccanici Analogici di Annibale Ford e William Newell

A. BEN CLYMER

La storia dei computer meccanici analogici è descritta dagli sviluppi iniziali al loro apice nella seconda guerra mondiale e alla loro obsolescenza negli anni '50. L'importanza principale della maggior parte di questi computer era il loro contributo alla superba artiglieria della Marina degli Stati Uniti. Il lavoro di Hannibal Ford, William Newell e della Ford Instrument Co. è la struttura attorno alla quale si trova questo resoconto basato.

Da oltre 40 anni vengono forniti computer meccanici analogici la Marina degli Stati Uniti con i sistemi di controllo del fuoco più avanzati e capaci al mondo per puntare grandi cannoni navali e impostare tempi di spoletta sui proiettili per distruggere bersagli di superficie o aerei. Gran parte di questa preminenza può essere attribuita al lavoro di Hannibal Ford e William New ell. Tuttavia, il credito è stato solitamente trattenuto. prima a causa delle classificazioni di sicurezza e poi per la conseguente diffusa ignoranza anche dei fatti principali delle loro storie.

La storia dell'evoluzione delle apparecchiature antincendio può essere suddivisa in tre periodi di evoluzione grossolanamente definiti: precoce. mezzo. e tardo, essendo rispettivamente il diciottesimo, diciannovesimo e ventesimo secolo. Nel primo periodo, il XVIII sec. non c'era percezione del controllo del fuoco come sistema gerarchico. quindi non ci sono state invenzioni a *livello* di sistema. La mancanza di preoccupazione per il miglioramento ha causato la continuazione dello status quo. Nel periodo medio, il XIX sec. iniziò una tendenza verso l'automazione in molte attività pratiche (ad esempio, la sgranatrice di cotone, le ferrovie, i battelli a vapore e le macchine per la lavorazione del vetro) che si estendevano all'artiglieria navale. I volantini fornivano un vantaggio meccanico nell'addestramento e nel sollevamento delle armi. Il sistema uomo-macchina veniva reso più facile e migliore per gli uomini delegando di più alle macchine.

Nel tardo periodo, il XX sec. le persone hanno visto il sistema nel suo insieme e sono state consapevoli della mancanza di sottosistemi. Le invenzioni hanno quindi avuto luogo ai vertici e l'ingegneria dei sistemi ha iniziato a occuparsi dell'intero sistema gerarchico. Nel tardo periodo c'era preoccupazione per errori di prestazioni del sistema. Nel caso di un sistema antincendio, sono stati studiati i contributi di tutte le cause ai dati sull'errore finale per identificare le fonti di errore rimanenti più critiche.

I primi meccanismi di calcolo analogico

Per comprendere i tipi di meccanismi inventati da Ford e Newell, è necessario esaminare brevemente alcuni dei semplici componenti da cui sono nati. La storia dei dispositivi meccanici analogici risale almeno a Vitruvio (SO BC), che descrisse l'uso di una ruota per misurare l'arco lunghezza lungo una curva. l'integrale più semplice nello spazio. Molti altri dispositivi analogici elementari sono stati descritti prima del periodo moderno: Ingranaggi differenziali (Figura 1). utilizzato per aggiungere o sottrarre due variabili. arco di solito attribuito a Leonardo da Vinci: e Leibniz è accreditato per l'idea verso la fine del diciassettesimo secolo di un dispositivo a triangoli simili per la risoluzione di equazioni o di radice.' Il primo dispositivo per formare l'integrale sotto una curva, o l'area all'interno di una curva chiusa, fu l'integratore di BH Hermann nel 1814. L'integratore di Her- Hermann era essenzialmente una ruota premuta contro un disco . come mostrato nella Figura 2. C'era un secondo disco sopra il primo. che ha schiacciato la ruota tra loro. La velocità di rotazione della ruota è proporzionale al prodotto della velocità di rotazione del disco e la posizione radiale del punto di contatto della ruota sul disco. Cioè . la velocità di variazione della posizione angolare della ruota z è data da

$$\frac{dz}{dt} = K\frac{dx}{dt}\,y$$

dove ; è l'integrale temporale di y volte una costante. x è la posizione angolare del disco e K è una costante di scala. Si noti che le variabili in questo dispositivo sono posizioni angolari e lineari.

Una delle prime applicazioni di tali integratori è stata l'integrazione della forza sulla distanza per misurare il lavoro. Un'altra applicazione era un planimetro per misurare l'area all'interno di una curva chiusa. Infatti. l'impulso principale dietro le prime invenzioni di integratori del diciannovesimo secolo fu quello di ottenere un planimetro migliorato.

James Clerk Maxwell' ha descritto un dispositivo di integrazione del tipo a sfera quando era uno studente universitario: era incorporato in un progetto planimetrico. Intorno al 1863. James Thom son' concepì un integratore equivalente in cui una sfera ruota tra il disco e un cilindro (vedi figura 3). La posizione angolare del cilindro è la variabile di uscita z. e la palla sostituisce la ruota dell'integratore Hermann . La pallina è trattenuta in un alloggiamento che viene traslato lungo il raggio del disco con spostamento _Y. Questo integratore è diventato il cuore di numerosi analizzatori di armoniche e analizzatori di tempo.

1058-6180/93/0400-0019$03.00 © 1993 IEEE

Machine Translated by Google

Computer meccanici analogici

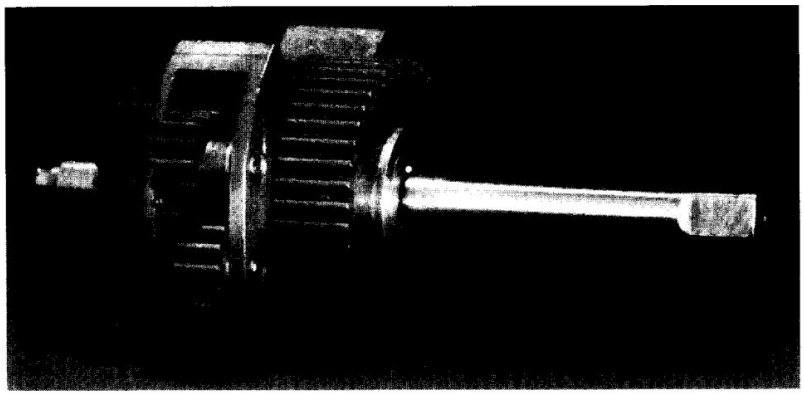


Figura 1. Gli ingranaggi differenziali Ford **da 3/S pollici . (Foto di Laurie Minor, Smithsonian Institution.)**

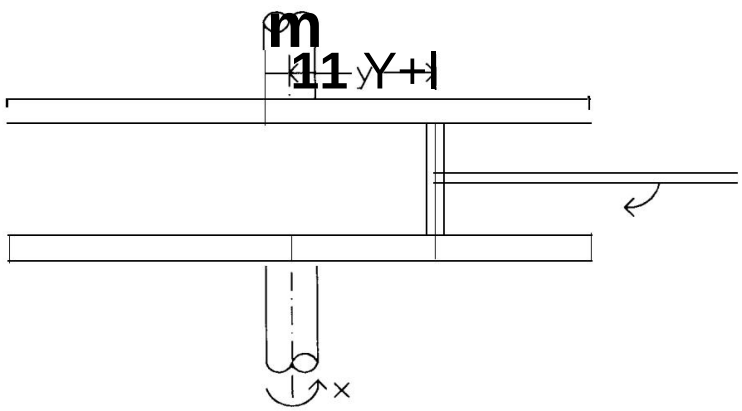


Figura 2. L'integratore Hermann.

Una camma bidimensionale (fig 5) è stato utilizzato per generare virtualmente funzione arbitraria di una variabile: L'input è l'angolo di rotazione di la camma e l'uscita è il raggio della camma nel punto di contatto di un rullo. Una camma tridimensionale (Figura 6) è stato utilizzato in modo simile generare una funzione di due variabili. come il tempo di volo come a funzione dell'angolo di portata e dell'angolo di elevazione rispetto al bersaglio.

William Thomson. Lord Kelvin, ebbe la potente idea di utilizzare meccanismi di calcolo analogico legati tra loro per risolvere un'equazione differenziale.h Dieci anni dopo, Abdank-Abakanowicz costruì un "integrafo," che aveva lo scopo di risolvere una particolare equazione differenziale. L'idea di Thomson era la concezione di analizzatori differenziali. quale. però. non è diventato un realtà pratica fino agli anni '30 con il lavoro di V. Bush.' Lord Kelvin ha anche inventato un dispositivo a puleggia per risoluzione di equazioni simultanee.[8] Versioni più grandi sono state costruite dal MIT il professor Bohn Wilbur nel 1934 e 1935. Presso i Bell Telephone Labora tories viene **sviluppato** un "isografo" . seguendo un concetto dovuto a Thornton Fry nel 1937. Potrebbe trovarlo le radici di polinomi fino a 10° grado, anche se le radici lo fossero numeri complessi. Era basato su un meccanismo del giogo scozzese per trasformare le coordinate polari in coordinate rettilinee.' Lo stato dell'arte del questi e altri meccanismi di calcolo sono stati riassunti alla fine della seconda guerra mondiale di Macon Fry" e Clymer.[9,10]

Nel 1881 fu sviluppato un diverso tipo di integratore Madrid di V. Ventosa. Consisteva in un rullo di azionamento inclinabile . una sfera e quattro rulli di uscita. Se la velocità del vento è inserita nel rullo di azionamento (contrassegnato con "A" nella Figura 4) come velocità angolare. e se la direzione del vento è inserita come angolo di inclinazione. poi i quattro i rulli di uscita ruotano con velocità proporzionali alla bussola componenti della velocità del vento. Come dispositivo informatico questo la palla costituisce un "integratore di componenti" -produce il integrale temporale delle componenti seno e coseno di un dato grandezza variabile. Forme successive di integratori trigonometrici sono stati sviluppati da Hele-Shaw, Smith. Newell (vedi Appendice) e altri.

Sono stati sviluppati analizzatori armonici per determinare il coefficienti di una serie di Fourier per adattarsi a un dato record. come dati di marea. Lord Kelvin ne ha costruiti due. il secondo in 1879. versione raffinata di Michelson e Stratton costruita nel 1897 potrebbe sommare 80 termini di Fourier. Secondo Vannevar Bush" una camma tridimensionale per la moltiplicazione è stata sviluppata da Bollee.

Questi meccanismi analogici. insieme a un "moltiplicatore" (usando diapositive e basato sulla matematica di triangoli simili) e un "resolver" (che ha prodotto R sin 41 e R cos Q da *R* e $I mediante un meccanismo a scotch yoke). erano tra gli elementi costitutivi per i pratici sistemi informatici da descrivere.

Computer antincendio di superficie navale di 1910-1930

È necessario descrivere lo sviluppo della tecnologia di artiglieria navale e controllo del fuoco per presentare un'istantanea del stato delle cose poco prima dell'ingresso di Hannibal Ford in la foto. Ciò a cui ha realizzato è stata una risposta diretta le esigenze della Marina degli Stati Uniti. Era responsabile del sviluppo di calcolatori meccanici analogici di dimensioni senza precedenti. complessità, affidabilità. robustezza e ac

Machine Translated by Google

curatela. L'analogo meccanico
i computer del 1915 erano, tuttavia.
abbastanza semplici, piccoli e senza
complicazioni rispetto ai loro discendenti nei
tre decenni successivi.

Il problema del controllo del fuoco. Nel _
XIX secolo il controllo del fuoco
problema notevolmente aumentato in
difficoltà. Gli intervalli erano stati da 20 a 50
iarde nel *1800.'* ' La maggior parte del
coinvolgimento tra il monitor e il
Merrimac ha stato combattuto a 100
iarde. che era praticamente a bruciapelo, e
le navi lo erano
lento nelle manovre, dando ai cannonieri
tutto il tempo per prendere la mira. Di
la fine del secolo, i cannoni navali
potrebbe sparare a distanze di gran lunga superiori a
10.000 iarde. Le navi potrebbero muoversi
molto più veloce, e ancora rotolato e
inclinato a grandi angoli in pesante
mari, causando sia mirini che pistole
per andare fuori bersaglio.

Con l'aumento delle gittate a disposizione
delle armi il problema di "individuare" gli
errori nelle posizioni di
gli schizzi di conchiglie diventavano più
difficili anche nelle giornate più limpide.
Allo stesso modo. il compito di determinare
il raggio d'azione è diventato più impegnativo.
Con l'obiettivo aumentato
l'intervallo è andato un aumento più che
lineare nel tempo di volo di un proiettile.
quindi l'obiettivo ha avuto più tempo
quale manovrare. Inoltre. il
maggiore tempo trascorso da un proiettile in volo
ha consentito al vento di avere effetti molto
importanti sul punto di impatto.
Un'altra complicazione è stata quella di
lanciare le canne dei fucili. mentre si riduce
dispersione casuale. causato un sistematico
"deriva" laterale del proiettile.
che doveva essere compensato in
puntare i fucili.

È aumentata la maggiore necessità di
precisione angolare a distanze maggiori
l'importanza di alcuni relativamente
effetti minori, come le variazioni della temperatura atmosferica
e pressione. erosione della canna derivante da precedenti cotture
(che ha ridotto la velocità iniziale e quindi il range di
il guscio). peso del propellente e variazioni di temperatura.
peso del proiettile. e così via.'? I maggiori disturbi a
artiglieria navale accurata erano i tassi di cambio di portata
e rilevamento del bersaglio a causa dei movimenti relativi della "propria nave"
(la nave che spara) e il bersaglio.

Chiaramente la crisi dell'artiglieria navale ha creato pressioni a
migliorare le apparecchiature navali di controllo del fuoco.

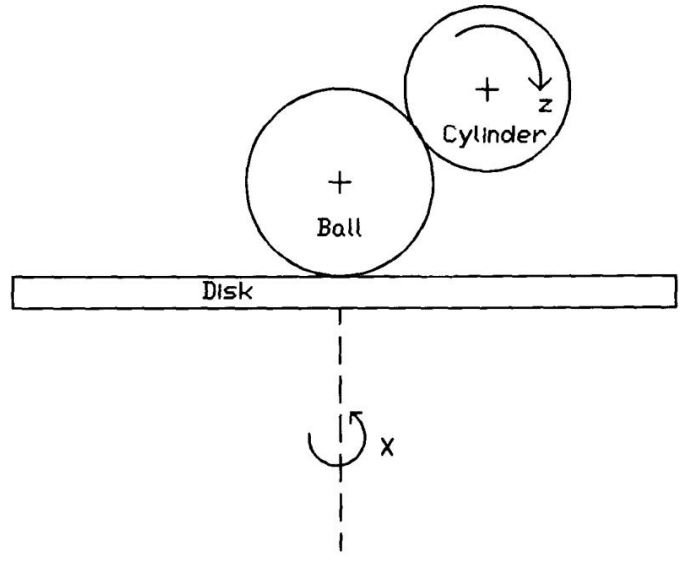


Figura 3. L'integratore Thomson. (Lo **spostamento è perpendicolare alla carta dal centro del disco.)**

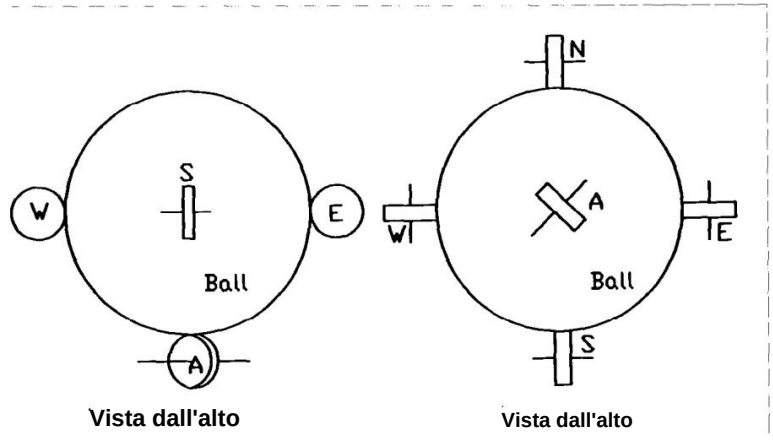


Figura 4. L'integratore Ventosa.

Apparecchiature antincendio dal 1910 al 1915. Durante il mondo
L'equipaggiamento antincendio della prima guerra comprendeva tre classi di de
vizi.

Dovrei vedere i cannocchiali degli osservatori sono stati utilizzati per la visualizzazione
splashes telefonare alle correzioni dell'angolo della pistola ("punti")
rispetto alla linea di vista. I telemetri ottici di tipi successivamente migliorati
determinavano la distanza dal bersaglio.
(I modelli americani avevano una base da 18 a 20 piedi, ma gli inglesi
aveva solo 9 piedi. dando il doppio dell'errore. gamma tedesca

Machine Translated by Google

Computer meccanici analogici

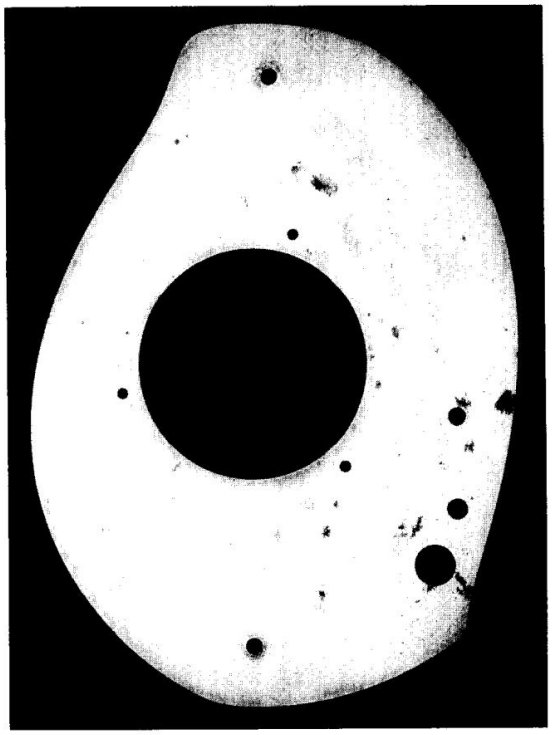


Figura 5. Una camma bidimensionale. (Foto di Laurie Minor, Smithsonian Institution.)

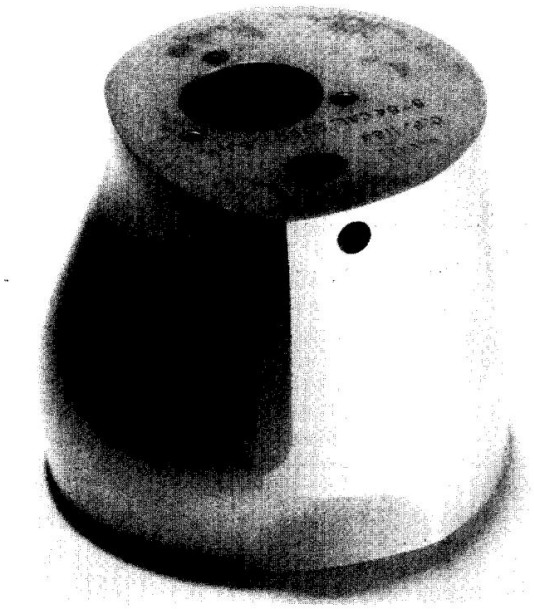


Figura 6. Una camma tridimensionale. (Foto di Laurie Minor, Smithsonian Institution.)

i mirini erano i migliori perché avevano la migliore ottica e quindi la migliore visuale.)

Registi. dopo il 1912 circa". consisteva in mirini tenuti puntati sul bersaglio in treno e in elevazione al fine di correggere il treno dei cannoni e gli angoli di elevazione per il rollio e il beccheggio della propria nave.
La società inglese Vickers ha avuto il ruolo di leader nello sviluppo del direttore". La Marina degli Stati Uniti ha acquistato alcuni di questi direttori da Vickers per cannoni da 5 pollici.

Dispositivi sotto la nave (nella "plotting room" o "centro informazioni di controllo"). Le girobussole determinarono la rotta della propria nave (acquistata dalla Sperry Corporation dalla Marina degli Stati Uniti dopo il 1910). Le schede di tracciamento sono state **utilizzate** per tracciare i percorsi della propria nave e del bersaglio per determinare la portata nel momento futuro in cui il proiettile sarebbe arrivato ("portata avanzata"), utilizzando i dati del telemetro. L'invenzione del plotting board è attribuita a un giovane ufficiale di artiglieria intorno al 1906.

I range clock consentono agli operatori di impostare la velocità attuale di variazione della gamma per ottenere una stima approssimativa della portata. "Time of flight clocks" diceva l'ora in cui un proiettile sparato "adesso" avrebbe raggiunto il bersaglio. L'orologio Argo era un computer meccanico analogico per risolvere le equazioni del moto relativo per la portata. A partire dal 1912. la Marina degli Stati Uniti aveva un "tavolo di controllo del fuoco" (un computer meccanico analogico) con input dal telemetro e dal direttore.

Il registro del pitometro misurava la velocità della propria nave.

Dispositivi alla gengiva. Gli azionamenti meccanici per i cannoni apparvero tra il 1907 e il 1910. Il rilevamento manuale degli angoli di comando sui quadranti posizionava i cannoni in treno e in elevazione.12 Mirini graduati sui cannoni erano stati utilizzati al tempo della guerra civile americana, ma erano obsoleti nel 1910 o nel 1915 .

Differenze tra Gran Bretagna e Stati Uniti. La connettività del primitivo "sistema" di controllo del fuoco composto dai frammenti precedenti prefigurava alcuni aspetti del moderno controllo del fuoco. Tuttavia. c'erano differenze tra i sistemi utilizzati dai diversi paesi. Ad esempio, tra la Gran Bretagna e l'IJS, c'erano differenze su chi controllava gli spari, da dove. e con quale uso la stabilità dei complotti. Nella Marina degli Stati Uniti, il personale della sala complotti ha controllato il fuoco, utilizzando i dati degli osservatori e i propri dati per calcolare gli angoli dei cannoni. D'altra parte, gli inglesi preferivano le uscite angolari del sistema ottico. Il personale del direttore nel controllava l'incendio. utilizzando le informazioni sulla stanza di stampa principalmente per correggere la portata.

Così fu preparata la scena per i contributi di Hannibal Ford.

I computer antincendio di Hannibal C. Ford Hannibal Choate Ford è nato a Dryden, NY, l' 8 maggio 1887. I suoi genitori erano Abram Millard Ford (nato il 22 febbraio 1831) e Susan Augusta Giles Ford (nata il 3 giugno 1834).

Da ragazzo. Ford ha mostrato talento meccanico con orologi e orologi. Tra il liceo e l'università lui

Machine Translated by Google



Figura 7. Hannibal C. Ford e il suo staff di ingegneri intorno al 1922. Ford è al centro; gli altri sono sconosciuti. (Fotografia dalla collezione Sperry Gyroscope.)

ha lavorato presso la Crandall Typewriter Company, Groton, NY (il
(1894). presso la Daugherty Typewriter Company, Kittanning, Pennsylvania
(1896-1898), e presso la Westinghouse Electric and Manufacturing
Company (1898).

Studiò ingegneria meccanica alla Cornell University, laureandosi nel 1903 come "ingegnere meccanico in ingegneria elettrica". Evidentemente i suoi compagni di classe alla Cornell rispettavano la sua capacità inventiva-
speccard
nel loro annuario senior c'era: "Costruirei una macchina fare qualsiasi cosa vecchia in qualsiasi modo vecchio. Fu eletto a appartenenza a Sigma Xi, la società onoraria per la ricerca.

Dopo la laurea, Ford ha lavorato per la JG White Company. New York
(1903-1905) dove si sviluppò e tenne
due brevetti di base rilasciati nel 1906 sul sistema di controllo della velocità a lungo utilizzato nelle metropolitane di New York. Alla Smith-Premier Società di macchine da scrivere, Syracuse, NY (1905-1909), ha sviluppato
oltre 60 meccanismi di importanza commerciale e ha ricevuto una serie di brevetti nel periodo dal 1908 al 1915.

Nel 1909, Ford ha lavorato per Elmer A. Sperry. che aveva conosciuto da giovane nella sua città natale, essendo stato Sperry un po' più vecchio. Ford ha assistito Sperry nello sviluppo della girobussola, un dispositivo meccanico per la determinazione prua della propria nave. L'anno successivo, Ford è stata promossa essere il capo ingegnere della neonata Sperry Gyroscope Company, carica che mantenne fino al 1915.15

Nel 1915 Ford si dimise da Sperry per organizzarne uno proprio società, la Ford Marine Appliance Corporation, che divenne la Ford Instrument Company nel 1916 (vedi Fig 7). La missione dell'azienda era sviluppare e vendere sistemi antincendio alla Marina degli Stati Uniti. Il suo primo prodotto, Range Keeper Mark 1, fu introdotto nella Marina degli Stati Uniti nel 1917 il USS Texas.

Il range Keeper Mark 1 (abbreviato Mk. 1) di Ford eseguiva un notevole numero di funzioni continue in tempo reale tempo per un sistema informatico in quei giorni:

1. Ha generato un tasso di autonomia.
2. Per integrazione del range rate determinato presente gamma.
3. Ha generato la velocità relativa ad angolo retto rispetto al linea di vista" ma non l'attuale rilevamento del bersaglio angolo."

Machine Translated by Google

Le velocità sono state ottenute risolvendo i vettori di velocità della propria nave e del bersaglio lungo e perpendicolare all'attuale linea di vista. Queste operazioni richiedevano resolver meccanici, ingranaggi differenziali e un integratore.

L'integratore Ford (Figura 8) era di design superiore per ottenere un'elevata precisione e una lunga durata. Utilizzava due sfere impilate, tenute da molle rigide, tra un disco e un cilindro, ciascuna in acciaio duro. Le palline erano tenute in posizione da coppie di piccoli rulli in una carrozza. Questo progetto permetteva al carrello di muoversi anche quando il disco era fermo, caratteristica necessaria quando si integrava rispetto ad una variabile diversa dal tempo. L'autore non sa se Ford fosse a conoscenza della tecnica anteriore, come l'integratore di James Thomson e il concetto di computer di William Thomson (Lord Kelvin),6 prima di richiedere il suo brevetto.'" concept.[6]

La velocità della propria nave (misurata da un registro del pitometro) e la velocità e la rotta target stimate, la rotta della propria nave (da una bussola giroscopica), nonché il rilevamento del target, sono stati inseriti manualmente con l'ausilio di quadranti, manovelle. e manopole. L'assemblaggio dei meccanismi era azionato da un motore elettrico le cui rotazioni rappresentavano lo scorrere del tempo. La portata attuale, dal telemetro, è stata telefonata alla stanza del tracciato, dove era tenuto il guardiano del raggio.

Nel frattempo, Arthur H. Pollen, un inventore britannico, aveva ideato un meccanismo del tipo ad analizzatore differenziale (chiamato "orologio Argo") per risolvere, in tempo reale continuo, le equazioni del moto relativo per la propria nave e una nave bersaglio : "Ha rappresentato in gran parte il tiro straordinariamente buono di diverse corazzate russe durante la prima guerra mondiale."" Fu utilizzato anche nella Marina britannica. L'invenzione di Pollen deve aver preceduto, di poco, il range keeper di Ford.

Durante la prima guerra mondiale, la Marina degli Stati Uniti ottenne il brevetto per il sistema informatico di controllo del fuoco del polline britannico (orologio Argo) e il Range Keeper Mark 1 fu modificato per incorporare uno dei concetti di Pollen (divisione per la portata e integrazione rispetto al tempo per ottenere l'angolo del cuscinetto). Dividendo il movimento relativo attraverso la linea di vista per la distanza attuale, il range keeper Ford (chiamato in modo apprezzabile "Baby Ford") è stato in grado di generare la velocità di cambiamento del rilevamento del bersaglio e integrarlo per ottenere l'angolo di rilevamento del bersaglio, che in turno ha definito la linea di vista. In questo modo è possibile generare e conoscere la distanza e la direzione del bersaglio, anche se il bersaglio è stato perso di vista per un po'.

Queste modifiche hanno introdotto un altro integratore e un divisore nel range keeper in evoluzione.13 keeper.[13]

Un'altra delle prime aggiunte alla Baby Ford è stata una capacità balistica. Era per determinare il tempo di volo del proiettile fino al punto di impatto previsto, il rilevamento di quel punto e la portata di quel punto. Quindi gli angoli della pistola potrebbero essere calcolati per implementare quella previsione. I cannoni erano guidati a mano (indicazioni seguenti), ma erano azionati da Waterbury Speed Gears (azionamenti idraulici).

Un'altra capacità era il "controllo della velocità". Questa funzione ha consentito di determinare le correzioni alla velocità e alla rotta del bersaglio come risultato dei dati ottenuti dagli osservatori in alto riguardo alle posizioni degli schizzi rispetto al bersaglio. La Baby Ford disponeva di uno schema rudimentale per farlo, ma richiedeva che i calcoli di previsione fossero interrotti mentre veniva eseguito il controllo della velocità. Han nibal Ford ha ottenuto un brevetto per il suo schema di controllo del tasso.

Entro la fine della prima guerra mondiale, i guardiani della gamma Ford fornirono un nucleo funzionale per un sistema di controllo del fuoco parzialmente meccanizzato. Era più o meno paragonabile al sistema britannico. I direttori delle armi britanniche erano ritenuti migliori di quelli della Marina degli Stati Uniti, ma i telemetri britannici, avendo una linea di base più piccola, avevano una precisione inferiore. L'orologio Pollen Argo e Baby Ford erano circa una situazione di stallo.
L'accettazione della Baby Ford non era universale e immediata. Alcuni alti ufficiali della flotta tendevano **a** resistere, preferendo i tracciati, dove potevano "vedere" la situazione a colpo d'occhio.

Oltre a sviluppare i rangekeepers, Hannibal Ford sviluppò quasi da solo un intero direttore delle armi. Comprendeva una torretta ottica, un elemento stabile per stabilire la verticale su una nave in rollio e beccheggio, un giroscopio angolare che puntava verso il bersaglio e il guardiano della gamma Baby Ford associato, che includeva un computer balistico.

Controllo del fuoco navale dal 1930 al 1950

Negli anni '20 il clamore internazionale per il disarmo costrinse il bilancio navale degli Stati Uniti a un livello molto basso. Sebbene la situazione sia migliorata negli anni '30, quando la Marina degli Stati Uniti ha ripreso a 1930s crescere, i soldi erano ancora stretti. Il Bureau of Ordnance è stato costretto a limitare drasticamente ciò che poteva procurare. Un esempio lampante è offerto dal correttore di inclinazione del ponte che, negli anni '30, fu ordinato dall'ufficio di sviluppo da Ford 1930s Instrument Co. Sfortunatamente, c'erano solo soldi sufficienti per ordinare la metà del correttore desiderato. Durante una parte di quel periodo Ford Instrument Co. è stata ridotta a una settimana di tre giorni per i suoi dipendenti.

Alla fine degli anni 20, 1920s Hannibal Ford iniziò a sviluppare il primo sistema di controllo del fuoco antiaereo (AA), che includeva sia un direttore (Mark 19) che un range keeper. A causa della capacità del bersaglio di manovrare ad alte velocità e velocità angolari viste dalla propria nave, il problema del controllo del fuoco dell'AA era intrinsecamente molto più impegnativo del controllo del fuoco per un bersaglio di superficie. Nonostante il lavoro sul controllo del fuoco AA, i sistemi per il controllo del fuoco di superficie hanno continuato a riversarsi dalla Ford Instrument Co. sotto la direzione tecnica di Ford. Ad esempio, l'azienda ha sviluppato il Range Keeper Mark 8, che è stato utilizzato nei Marks 24, 31, 34 e 38 Gun Director. Le equazioni e un diagramma schematico del flusso di informazioni nel Range Keeper Mark 8 sono stati pubblicati nella letteratura aperta, sebbene non siano stati forniti i valori delle costanti nelle equazioni.“.”

Il periodo iniziato nel 1930 ha visto l'introduzione di molti miglioramenti nei sistemi di controllo del fuoco. Uno era l'automazione dell'immissione di dati nel computer. Friedman'" fornisce il seguente elenco di dati inseriti manualmente nei rangekeeper del 1933:

Variabile	Fonte
Gamma	Telefonato dal telemetro
Proprio corso della nave	Ripetitore girobussola
Velocità propria della nave	Registro del pitometro
Corso di destinazione	Stime iniziali per il controllo delle tariffe
Velocità target	Stime iniziali per il controllo delle tariffe
Rilevamento del bersaglio	Automaticamente dal regista
Individuazione dei dati	Spotter, per telefono

Machine Translated by Google

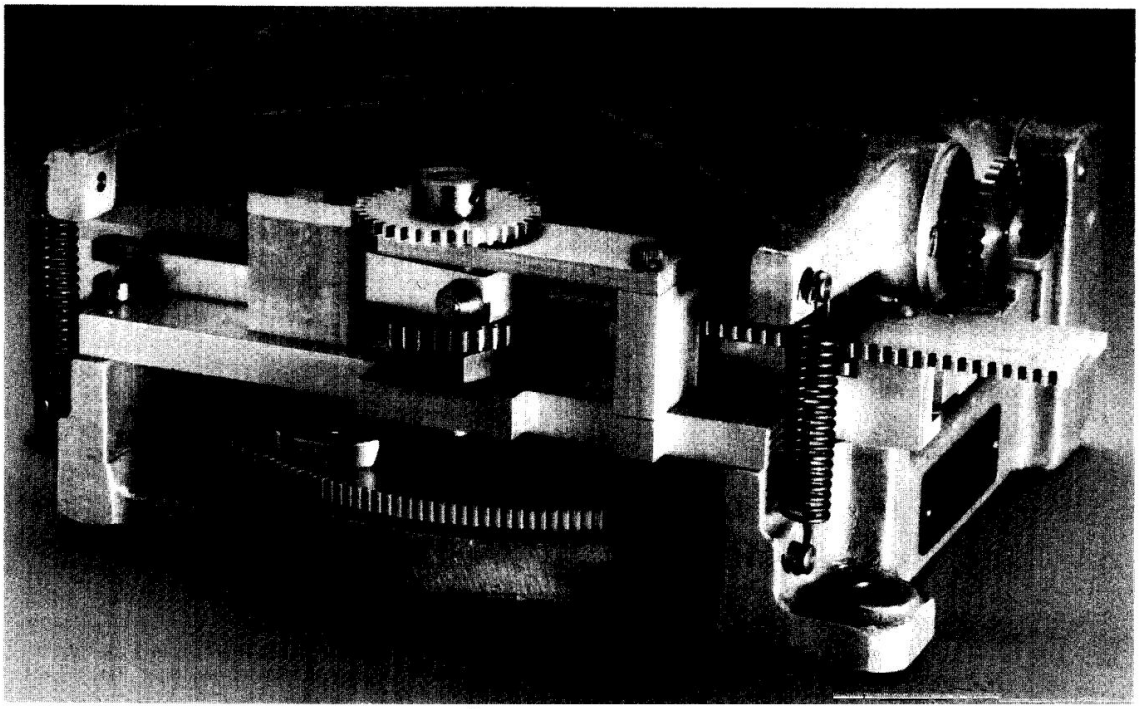


Figura 8. Integratore di **Annibal Ford. (Foto** di **Laurie Minor, Smithsonian Institution.)**

Alla fine degli anni **'30 l'input di queste variabili era molto più automatizzato.**

Il Gun Director Mark 33 è stato avviato nel 1932 per cannoni a doppio scopo da 5 pollici 138 su navi di tutte le dimensioni. Assomigliava a una mela su un bastoncino quando era montato in alto e aveva problemi di vibrazione. È stato utilizzato con il Ford Range Keeper Mark 10 per il fuoco antiaereo e aveva un elemento stabile e un computer sottocoperta. Alla fine è stato installato un totale di quasi 850 Mark 33.

Un tipico range keeper o computer della seconda guerra mondiale era composto da tre sezioni:

1. Sezione di tracciamento (le funzioni originali del range keeper si occupano dei movimenti relativi e assoluti della propria nave e del bersaglio).

2. Sezione di previsione (previsione della portata e del tempo di volo, ciascuno da due origini temporali mobili: il tempo di sparo del cannone e il tempo di impostazione del tempo della spoletta; e gli angoli richiesti del cannone trovati considerando le funzioni balistiche e il vento).

3. Sezione di correzione (calcolo e applicazione delle correzioni dovute ai moti angolari della propria nave, vale a dire rollio e beccheggio. che richiedono correzioni dell'inclinazione del perno di articolazione e dell'inclinazione del ponte agli angoli del cannone).

Al tempo della seconda guerra mondiale, la maggior parte del controllo del fuoco della batteria principale era svolto dai Range Keepers Mark 8 in Directors Mark 34, principalmente per incrociatori, e Directors Mark 38, per incrociatori e corazzate. I rangekeeper Ford furono sostituiti dal Ford Computer Mark 1 nel Gun Director Mark 37. Questo director fu testato per la prima volta nel 1939 e divenne rapidamente il regista standard a doppio scopo nella seconda guerra mondiale, sebbene anche molti Range Keeper Mark 10 in Directors Mark 33 fossero costruiti e utilizzati. Il Bureau of Ordnance considerava il Computer Mark 1 un "enorme successo". Il sistema includeva la trasmissione di dati da e verso il computer sottocoperta per mezzo di synchros. Progettato originariamente per i cannoni da 5 pollici/38, fu presto modificato da Ford Instrument Co. anche per un certo numero di altri cannoni e tipi di munizioni.

La scelta del termine "computer" rispetto a "range keeper" ha riconosciuto la crescente inadeguatezza del termine "range keeper" per descrivere il sistema. Mantenere il raggio d'azione era una piccola parte della sua funzione.

Per quanto questa attrezzatura antincendio fosse adatta per i cannoni da 5 pollici in su, non era adatta per i cannoni più piccoli e il controllo decentralizzato che si è rivelato necessario durante la seconda guerra mondiale per la difesa contro un gran numero di aerei in arrivo. Inoltre, i grandi sistemi di controllo del fuoco non erano economicamente fattibili per l'uso su piccole navi da guerra e mercantili con cannoni grandi anche 3 pollici. Il controllo del fuoco per l'attacco ravvicinato di un certo numero di aerei è stato "purtroppo trascurato negli anni tra le due guerre" a causa di un "infondato compiacimento" riguardo alla capacità dei sistemi di controllo del fuoco

Machine Translated by Google

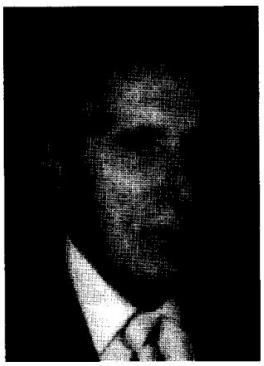


Figura 9. William H. Newell nel 1988.

del giorno per distruggere tutto il catrame arriva a distanze maggiori.'* I giapponesi hanno sfruttato questo debolezza con diverse modalità di attacco distinte.

Ford Instrument Co. è stata presa dalla fretta dal Bureau of Ordnance di de velop sistemi antincendio per soddisfare queste nuove esigenze. Ford sviluppò, in vari modi, i Gun Directors Mark 45, 48 e 49 , tutti destinati al fuoco antiaereo — ravvicinato con piccoli cannoni. Il Mark 49 utilizzava un giroscopio per determinare gli angoli di anticipo in base ai tassi di precisione misurati durante l'inseguimento del bersaglio. Era pronto alla fine del 1942 e alla fine ne furono consegnati quasi 350.

La risposta di Ford al problema della nave mercantile fu il Computer Mark 6, utilizzato con Gun Director Mark 52 e 53. Sebbene avesse le dimensioni di una grande forma di formaggio, conteneva ingegnosamente una capacità semplificata per risolvere il problema del controllo del fuoco di superficie.

Nonostante tutti questi sviluppi con giroscopi, reticoli e computer al piombo, hanno sostituito solo in parte il vecchio mirino aperto durante la seconda guerra mondiale. I progettisti di artiglieria e sistemi di controllo del fuoco si erano preparati per un nemico diverso , uno più simile a un bersaglio rimorchiato rimasto a una distanza di miglia.'

I telemetri ottici lasciarono il posto al radar alla fine degli anni '30 e all'inizio degli anni '40. Ciò ha comportato un sostanziale aumento della capacità di ricerca di bersagli (con "radar di ricerca a raggio largo") e di tracciamento di bersagli (con "radar antincendio a raggio stretto"). Non era più necessario illuminare un bersaglio con proiettili stellari di notte o perdere un bersaglio nella nebbia. Inoltre, la distanza, il rilevamento del bersaglio e i segnali di elevazione erano più puliti e fluidi. e più preciso. La misurazione della portata e degli angoli di direzione del bersaglio era stata liberata dai limiti dell'operatore umano di un telemetro ottico. Il progresso dei sincronizzatori per la trasmissione e la ricezione di dati nei sistemi antincendio è stato un passo avanti rispetto ai sistemi manuali di follow-the-pointer. Questi sistemi sincronizzati sono descritti nelle pubblicazioni del Department of Ordnance and Gunnery.

Esistevano alcuni problemi perché il Bureau of Ordnance doveva occuparsi di altri uffici per l'installazione delle sue apparecchiature. Per molti anni - fino al 1943, infatti - le basi per l'attacco dei cannoni fornite dal Bureau of Ships non soddisfacevano le specifiche del Bureau of Ordnance.'* Presumibilmente la precisione dell'artiglieria è poi leggermente migliorata.

Uno dei progressi più preziosi fu lo sviluppo (verso il 1940) di potenti sistemi di controllo per l'addestramento automatico e il sollevamento di pistole di tutte le dimensioni. Dopo l'installazione del controllo automatico, i cannoni potevano sparare con una mira precisa in qualsiasi momento, liberando l'artiglieria dalla secolare dipendenza dalla sincronizzazione del fuoco con il rollio della nave.
Sebbene i primi sistemi fossero suscettibili di oscillazioni e ritardi». miglioramenti nella progettazione matematica di sistemi di controllo e (secondo William Hampton, allora dipendente Ford) l'uso di tubazioni in acciaio per una maggiore rigidità idraulica, hanno portato a prestazioni soddisfacenti.

Un altro progresso, la "spoletta di prossimità", ha permesso di evitare di dover impostare il tempo della spoletta e di incorrere negli errori associati del tempo di scoppio. I proiettili potevano essere caricati direttamente e sparati immediatamente, e ciò consentiva di migliorare ulteriormente la precisione dell'artiglieria.

L'intero ambiente funzionale dei computer antincendio ha dovuto evolversi per stare al passo con la maggiore sofisticatezza degli altri componenti.

Evoluzione a **livello di ingegneria dei sistemi**

Una disciplina rispettabilmente matura di ingegneria dei sistemi si era sviluppata nel controllo del fuoco navale alla fine degli anni '30 e, da quel momento in poi, i giorni in cui l'inventore lasciava il proprio giudizio erano scomparsi.

Una prova dell'ingegneria dei sistemi era l'insieme standard di simboli che vennero usati nelle equazioni per designare variabili, come Tf per il tempo di volo e R2 per la portata anticipata. Allo stesso modo, esisteva un vocabolario standardizzato di concetti come "portata avanzata" (la distanza al momento dell'impatto previsto) e "tempo di volo" (il tempo dallo sparo all'impatto). Man mano che sempre più correzioni venivano incorporate nei rangekeeper, anche le equazioni assumevano una forma sempre più standard che fu poi imposta dalla Marina a tutti i produttori. Alcune di queste equazioni sono fornite da FriedmanI e dal libro della US Navy Academy del 1941.

$$Tf = f(R2)$$

Friedman[13]

Un'altra prova dell'uso dell'ingegneria dei sistemi è la generazione di specifiche dall'alto verso il basso, a cominciare dal Bureau of Ordnance, con i produttori che entrano più nel dettaglio nelle specifiche. Questa procedura ha portato alla produzione sistematica di diagrammi schematici, disegni tecnici. manuali di formazione e altra documentazione.

Un altro segno distintivo dell'ingegneria dei sistemi è stata l'analisi degli errori di prestazioni del sistema: per ogni prodotto Ford Instrument Co. è stato calcolato un complemento completo di "errori di classe B". Queste erano le deviazioni delle risposte del sistema dalle risposte teoriche calcolate dalle equazioni esatte per casi specifici. L'analisi di questi errori ha portato alla conoscenza di dove erano necessari calcoli più accurati nel prodotto. Il passo successivo è stato lo sviluppo di un "budget degli errori" che allocasse gli errori consentiti tra tutte le categorie di contributo in una gerarchia. Il budget degli errori indicava i nuovi sviluppi necessari nonché i limiti agli errori delle apparecchiature convenzionali.

Ancora un altro aspetto dell'ingegneria dei sistemi era l'analisi degli errori del sistema nemico, alla ricerca di punti deboli da sfruttare. Con qualunque mezzo si usava. i giapponesi identificarono opportunità per bombardieri in picchiata, aerosiluranti, bombardieri a lancio di aria, kamikaze e così via. Queste armi tattiche presentavano i sistemi di controllo del fuoco delle navi a corto raggio, ad alto raggio e/o ad alti tassi di rilevamento ed elevazione, in cui la precisione dei Gun Director Mark 33 e 37 è diminuita drasticamente.'* Quella bassa prestazione è in contrasto con il

Machine Translated by Google

ha riportato un'elevata precisione con bersagli lenti, anche a grandi distanze. (Ad esempio, si dice che la corazzata Washington ton abbia ottenuto nove colpi sulla corazzata giapponese Kirishima, su 75 proiettili da 16 pollici a una distanza di 19.000 iarde nella battaglia notturna di Guadalcanal nel 1942, dove è stato utilizzato il radar.)

Tabella 1. Differenze tra analizzatori differenziali e computer antincendio.

Analizzatori differenziali caratteristici		Computer antincendio
Applicazione	Soluzione di insiemi di equazioni di puntamento continuo arbitrarie differenziali (computer per uso generale e fuzing di cannoni navali)	
Ambiente	Su “terra solida” in un edificio	In una nave da guerra in movimento che subisce forti urti e vibrazioni
Costruzione	Originariamente distribuito su una breadboard di grandi dimensioni	Progettato in un volume minimo per la flessibilità per uso a bordo nave
Stile di design	Pratica di progettazione di strumenti da laboratorio	Design della macchina robusto ma preciso
Dimensione del problema	Diverse eouazioni differenziali e algebriche	Molte equazioni differenziali e algebriche

I contributi di William H. Newell

Nel 1926 la Ford Instrument Co., che allora stava lavorando al suo primo direttore antiaereo, trovò un nuovo dipendente: William H. Newell, di 16 anni. Lavorò prima in officina producendo componenti meccanici di alta precisione per il calcolo e, un anno dopo , trasferito al Reparto Prove dove ha acquisito le tecniche per far funzionare al limite i computer mecca nici analogici. La sera per sette anni è andato al College of the City di New York per studiare ingegneria. Avanzò rapidamente grazie ai suoi talenti quasi unici come inventore, designer e sviluppatore di meccanismi e in effetti, come Hannibal Ford, di interi sistemi informatici. Nel 1943, all'età di 32 anni, divenne ingegnere capo.

Le **invenzioni** di Newell . Newell (vedi Figura 9) ha ricevuto 80 brevetti in relazione al suo lavoro. L'argomento è stato classificato da tempo, quindi il pubblico non è a conoscenza dei suoi contributi. Qualsiasi tentativo di determinare i risultati conseguiti da Newell concentrandosi sulle date del brevetto è difficile perché la data di deposito di un brevetto potrebbe essere stata molto precedente alla data di rilascio a causa di ordini di segretezza che impedivano un rilascio responsivo.

Tra i meccanici di Newell. idraulico. e le invenzioni elettriche (vedi Appendice) erano 31 dispositivi di fondamentale importanza per la tecnologia analogica. Sono inclusi dispositivi come un computer idraulico: un azionamento irreversibile che coinvolge cunei per bloccare due dischi se la direzione inizia a invertire, come nella coppia di ritorno dal rinculo del cannone: un direttore siluro (Marco 2); un direttore per la difesa contro i bombardamenti orizzontali; uno schema per l'utilizzo di treni di sfere, con ruote e rulli sterzanti, per integrare complicate funzioni trigonometriche e risolvere il problema dell'inseguimento del controllo del fuoco; e un dispositivo di calcolo per prevedere gli angoli del ponte di una portaerei nell'istante in cui un aeroplano starebbe atterrando.

Molte di queste invenzioni riguardavano modi per affrontare l'inerzia e i carichi di attrito sui meccanismi di guida. Erano essenzialmente servi, quindi solitamente chiamati "follow-up". che forniva l'amplificazione della coppia mentre seguiva un segnale di posizione angolare dell'albero. Questi servi avevano un ingranaggio differenziale per confrontare l'angolo di uscita del servo con l'angolo del segnale di ingresso, producendo un angolo di errore, che determinava il segnale all'azionamento per ridurre l'errore: l'ingranaggio differenziale era rappresentato sugli schemi da una croce in un cerchio . un simbolo che è ancora utilizzato sui diagrammi schematici per il sottrazione che determina l'errore nei sistemi di controllo di molti tipi oggi.

L'attrezzatura Ford Instrument utilizzava spesso una "guida a tenda intermittente", un dispositivo che consentiva a una parte dell'attrezzatura di guidarne un'altra solo per una parte limitata del suo viaggio totale. Ford aveva progettato la prima trasmissione intermittente, ma Newell migliorò il design, mettendo l'intera trasmissione su un albero.

Il significato del lavoro di Newell. Uno dei tratti distintivi del lavoro di Newell è stato che si è preso ulteriori problemi per trovare il modo semplice e ordinato di fare le cose, piuttosto che andare avanti con la sua prima idea. Una notevole testimonianza delle abilità di Newell e Ford Instrument è stata che Wernher von Braun li ha selezionati per costruire il sistema di guida meccanico e giroscopico per il primo missile Redstone. Ford Instrument Co. ha costruito anche il sistema di guida per il missile Jupiter.

Il lavoro di Newell è stato svolto con originalità e fiducia in se stessi. Ci si potrebbe chiedere se ha avuto idee da altre organizzazioni in quei giorni di fermento tecnico. Tuttavia, Newell ha negato di aver avuto idee dagli analizzatori differenziali del MIT o dal lavoro di Servo Lab: in effetti. Il MIT ha acquistato componenti Ford e Newell credeva che Ford Instrument fosse "avanti". Secondo Newell. Bell Telephone Laboratories, il Naval Research Laboratory, l'Office of Naval Research, il progetto ENIAC e i ricercatori universitari, inclusi avidi comunicatori come John von Neumann, Harold Hazen, Jay Forrester, Claude Shannon, Norbert Wiener, Warren Weaver e Vannevar Bush, non ha avuto alcun effetto sul suo lavoro. Hazen, Norbert

Dal 1965 al 1977, Newell ha lavorato per Perkin-Elmer, a Norwalk, Connecticut, su progetti impegnativi come il telescopio spaziale, prima come personale tecnico senior e poi come consulente. Ma questa è un'altra storia che vale la pena raccontare.

Altri computer analogici meccanici

A questo punto della storia, l'attenzione viene spostata dal controllo del fuoco ad altre applicazioni specializzate dei computer analogici meccanici. L'autore non fa alcun tentativo di descrivere il tipo generalmente noto come "analizzatore differenziale" perché già adeguatamente descritto in altri luoghi, se non per distinguerlo dai computer utilizzati nel controllo del fuoco. Gli analizzatori differenziali differivano notevolmente dai computer antincendio. come mostrato nella tabella 1.

Machine Translated by Google

Computer meccanici analogici

Queste erano le due specie distinte che rappresentavano il culmine dello sviluppo di computer analogici meccanici, ognuno a modo suo. Williams' ha ritenuto che *'la tradizione analogica ha raggiunto il suo apice negli analizzatori differenziali. Questo autore non è d'accordo sul fatto che una delle due specie fosse superiore.

Computer meccanici a siluro. I computer di dati Torpedo per l'uso da parte dei sottomarini sono stati sviluppati dall'Arma Corporation nel 1935. Arma aveva costruito elementi stabili e altra strumentazione giroscopica per armi dalla sua fondazione nel 1920 circa. Il computer dati siluro automatizzato gran parte del processo di inserimento dei dati in a siluro per stabilirne la rotta, la velocità e la profondità. Era principalmente un computer meccanico con alcuni componenti elettrici. Entro la seconda guerra mondiale la maggior parte dei sottomarini della Marina degli Stati Uniti aveva un TDC Mark 3.12.[12] Una versione più semplice e compatta del computer dati siluro, il Mark 2, è stato sviluppato di William Newell (vedi punto 5 in appendice).[5]

I cacciatorpediniere di quel periodo trasportavano Torpedo Director Mark 27, che conteneva un computer meccanico. Si potrebbero fare un certo numero di approssimazioni, perché il risultato gli errori potevano essere ignorati quando i siluri venivano lanciati in a differenza. Di conseguenza, le equazioni erano molto meno complesse rispetto a quelli del problema del controllo del fuoco antiaereo.[12] Come presto come 1942, il Bureau of Ordnance concepì la necessità di a sistema per il calcolo e la visualizzazione dei dati di interesse in guerra antisommergibile. Il prodotto risultante era l'At tack Director Mark 2, che conteneva un computer meccanico. Quindici sono stati consegnati.

All'inizio degli anni '50 Arma costruì un computer meccanico analogico ("computer a conversione di coordinate") contenente a sistema cardanico. Progettato al MIT, era un'unità di un sistema di controllo del fuoco per l'uso da parte della Marina nella guerra di Corea. Il lo stesso siluro conteneva diversi piccoli analoghi meccanici computer. Erano estremamente delicati e complessi, con il risultato che la loro efficacia è stata ridotta. Questi computer includevano i seguenti dispositivi meccanici:

1. Il sistema di controllo della rotta che ha attivato un timone.
2. Un computer per determinare l'angolo di rotta per la collisione con il bersaglio.
3. Un sistema di controllo della profondità, basato su un diaframma misurare la profondità (pressione dell'acqua) e un pendolo a misurare la velocità di variazione della profondità. Il pendolo era successivamente sostituito da un giroscopio per evitare l'errore dovuto all'accelerazione longitudinale. Il cambiamento era di Newell idea." (Vedi punto 25 nell'Appendice.)

Computer analogici meccanici Bombsight. Altro era un tipo altamente specializzato di computer meccanico analogico sviluppato per l'uso nei bombardieri. I mirini delle bombe erano notevoli per le loro dimensioni estremamente ridotte e l'elevata precisione. Il mirino Norden contenevano oltre 2.000 parti. Lo sviluppo iniziò alla fine della prima guerra mondiale e il progresso fu rapido: il Bombsight Mark 3 fu contratto nel 1922. il Mark 11 fu accettato nel 1931 e il Mark 15 lo era testato nel 1931". Bombsights sono stati realizzati anche da Sperry.[15]

Uno dei perfezionamenti ai mirini è stata l'invenzione di Newell e Lawrence Brown che ha permesso a un bombardiere di farlo navigare da un punto visibile identificato, quando l'obiettivo stesso era oscurato, eppure bombarda ancora il bersaglio.

Mirini e direttori per armi leggere. Principali navi da guerra non aveva pistole piccole fino a dopo Pearl Harbor, quando la grande il numero di aerei in arrivo aveva sopraffatto i sistemi di controllo del fuoco per i grossi cannoni. Di conseguenza, una rapida evoluzione ha avuto avere luogo per fornire qualcosa di meglio della vista aperta montato sulla canna del fucile, che era stato un armamento standard contro gli aerei nella prima guerra mondiale.

Un progresso significativo è stato fatto dal lead computing vista sviluppata negli anni '30 da Charles S. Draper del MIT. La vista di Draper si è evoluta dai suoi primi prodotti di uno strumento aeronautico per visualizzare i tassi di virata e il suo cannone da carro armato vista. Questi dispositivi utilizzavano giroscopi a velocità di precessione montati la linea di vista al bersaglio, ogni tasso è stato moltiplicato per a fattore adatto per produrre un angolo di attacco proporzionale, che è stato applicato alla direzione della pistola. La precisione complessiva era nell'ordine del 2 per cento. La Marina ha appreso del Draper vista tardivamente: uno è stato testato nel luglio 1941 e i mirini entrato in servizio nell'autunno del 1942 - costruito da Sperry e da Crosley. Alla fine lo erano 85.000 Gun Sights Mark 14 acquistato per navi militari.

La risposta della US Navy alla necessità includeva anche il sviluppo di alcuni direttori di mitragliatrice pesante. I contratti per lo sviluppo sono stati assegnati a Ford Instrument per il Gun Director Mark 45, alla General Electric per il Marco 46, e ad Arma per il Marco 47 (il Marco 46 e 47 mai raggiunto la produzione). Il Mark 45 fu ultimato già nel 1942: però era troppo complicato e pesante come un computer, ed era troppo affollato come un posto di lavoro, quindi la sua produzione è stata interrotta. È stato sostituito dal Gun Director Mark 49, che lo era anche lui in fase di sviluppo da Ford Instrument. Il Mark 49 conteneva un giroscopio accoppiato idraulicamente per precederlo , ed esso aveva prese idrauliche. Il Mark 49 è stato sostituito dal Mark 51.[12] Situato su un piedistallo lontano dai cannoni, utilizzava un mirino Draper per trasmettere treno ed elevazione ordini angolari a mitragliatrici pesanti. È stato prodotto da Sperry Gyroscope Co., a partire dal gennaio 1942.[12] Suo le prestazioni erano più scarse per i bersagli di superficie, il che lo era piccole velocità angolari come si vede dalla vista.

Gun Director Mark 56 è stato progettato al MIT. Ha utilizzato un'insolita tecnologia informatica analogica meccanica: quattro collegamenti a barra. Proporzionando opportunamente le lunghezze delle barre, uno potrebbe progettare collegamenti per generare una sorprendente varietà di funzioni. Alcuni dei computer di collegamento sono stati realizzati da Ford Instrument Co. Vannevar Bush, nel suo ruolo di uno dei gli organizzatori del Comitato nazionale per la ricerca sulla difesa. è stato in grado di fare molto per piccoli sviluppi nel controllo degli spari. e ha contribuito alla sua produzione.

Oltre ai mirini e ai direttori dei cannoni navali qui menzionati per le mitragliatrici pesanti. paragonabile o minore i sistemi sono stati sviluppati per l'uso in aeromobili, come il più grandi bombardieri (B-29). C'era. per esempio, un Mark 18 Mirino a torretta. che aveva un meccanismo di calcolo. Era seguito dal Mark 23 nel 1945".[12]

Machine Translated by Google

Altri computer meccanici analogici. I simulatori di volo per l'addestramento dei piloti esistono da quando il "Pilot Maker", alias "Blue Box" di Ed Link, sviluppato nel 1929, il simulatore di volo di Link[18] conteneva un computer pneumatico analogico che utilizzava i principi che aveva appreso **nel** fabbrica di organi. Un simulatore di volo analogico meccanico è stato progettato e costruito da Ford Instrument Co. nel 1945. I simulatori di volo successivi erano basati sul log elettrici ed elettronici e quindi sulla tecnologia digitale. I computer meccanici analogici furono usati anche nei primi sistemi di guida per i missili: Arma eseguiva la guida inerziale per il missile Atlas . William Newell ha anche inventato un sistema di guida Atlas che funzionava senza gimbal, integrando componenti di accelerazione e velocità per determinare la posizione attuale (vedi punto 27 in appendice).

La portata del razzo tedesco V2 è stata determinata da un dispositivo di calcolo analogico meccanico. Ha integrato l'accelerazione due volte per ottenere la distanza percorsa; conteneva anche alcuni collegamenti e ingranaggi differenziali per mettere in relazione l'accelerazione due volte integrata con la distanza orizzontale. Con il perfezionamento della tecnologia, sono state intraprese nuove applicazioni. La maggior parte di questi e altri computer analogici meccanici furono infine sostituiti da computer analogici elettrici.

I discendenti dei computer meccanici analogici

Il calcolo analogico meccanico si è evoluto in due direzioni, ramificandosi negli sviluppi nei computer analogici CA e nei computer analogici CC.

Sviluppi dell'analogico AC. Intorno al 1940 il mercato degli strumenti per l'esecuzione di operazioni matematiche era piuttosto limitato. I calcolatori meccanici da tavolo sono stati accettabili per tutti i problemi tranne i più grandi, come il controllo del fuoco e la balistica esterna. Quando Thornton C. Fry scrisse un articolo di indagine sulla portata dell'uso della matematica nell'industria, aveva poco da riferire al di fuori dell'industria telefonica e aeronautica. Non si potrebbe quindi immaginare l'esplosione delle tecnologie elettriche ed elettroniche che si tradurrebbe in una marea di computer disponibili a costi modesti.

I principi dei circuiti elettrici e alog AC (corrente alternata) erano noti sin da Steinmetz negli anni '80 dell'Ottocento.
Era noto che le correnti che entravano in un nodo si aggiungevano. La carica su un condensatore era nota per essere l'integrale temporale della corrente che lo aveva attraversato. Era noto che un potenziometro servoazionato poteva essere "toccato" per produrre una funzione o un prodotto di due variabili. Questa tecnologia non è stata sviluppata, tuttavia, fino a quando i Bell Telephone Laboratories non ne hanno trovato applicazione in un direttore di armi per lo sviluppo all'inizio della seconda guerra mondiale.

Il progetto BTL prevedeva lo sviluppo di un cannone analogico AC, il T-15. Fu finanziato nel novembre 1941 e il modello fu completato un anno dopo e testato nel dicembre 1942. Il T-15 non fu mai messo in produzione: lo era, invece. utilizzato per la ricerca con obiettivi che volano traiettorie che non erano linee rette.

Il T-15 portò a una proposta alla Marina, nel febbraio 1942, di costruire una versione analogica AC del Ford Instrument Computer dell'azienda Mark 1. Nel settembre 1942 fu assegnato un contratto per lo sviluppo di questo "Computer Mark 8". Sebbene si sia rivelato più veloce del Computer Mark 1 nel completare il transitorio iniziale di acquisizione e blocco su un bersaglio, il Mark 8 Computer non è mai stato prodotto. Aveva un'altra caratteristica degna di nota: uno speciale

Un perfezionamento dei mirini per bombe inventato da Newell e Lawrence Brown ha consentito a un bombardiere di navigare da un punto visibile, quando il bersaglio stesso era oscurato, e tuttavia bombardare il bers

integratore elettrico che è stato sviluppato per esso.

Ford Instrument Co., sotto la direzione di Harry Mc Kenny e Mc-William Newell, sviluppò un computer analogico AC, il Mark 47, che sostituì l'analogico meccanico Computer Mark 1.

Dal 1945 al 1950 il Dynamic Analysis and Control Laboratory del MIT sviluppò un computer analogico AC, utilizzando componenti AC a 400 cicli, per simulatore di volo di missili guidati. Questa era un'attività all'interno del Progetto Meteor. Il piano di volo è stato montato su quattro gimbal concentrici in modo da evitare il blocco del gimbal in tutte le condizioni.

Sviluppi di amplificatori CC (corrente continua) erano stati utilizzati sin dai giorni della radio del primo dopoguerra. Sono stati altamente sviluppati negli anni '30 da BTL, che li ha utilizzati per l'amplificazione del segnale nella telefonia. Furono utilizzati anche da George Philbrick alla Foxboro, già nel 1937 o 1938, per la simulazione di processi lineari e sistemi di controllo». Sviluppi di amplificatori per l'uso nella simulazione sono stati fatti anche da John Ragazzini et al. presso la Columbia University nel 1940 circa. Dopo il giugno 1940 circa, i Bell Telephone Laboratories si dedicò allo sviluppo di amplificatori a valvole a vuoto CC da utilizzare nei computer analogici per il controllo del fuoco. Un brevetto. richiesto nel maggio 1941, è stato rilasciato nel giugno 1946 come brevetto statunitense 2404387 a CA Lovell, DB Parkinson e BT Weber. I loro sistemi contemplati utilizzavano reti di somma, schede potenziometro per le funzioni e un integratore che utilizzava un amplificatore e un condensatore.2'

Nel novembre 1940 Western Electric ricevette un contratto per sviluppare un modello di un regista di pistola analogica DC, il T-10. Doveva utilizzare la tecnologia analogica DC sviluppata da BTL. Il modello è stato testato con successo nel dicembre 1941.

Il successo del T-10 ha portato a un contratto per la costruzione della versione di produzione, l'M-9 Gun Director. Fu consegnata nel dicembre 1942 e messa in servizio all'inizio del 1943.
È stato utilizzato durante l' attacco "buzz bomb" Vl a Londra per controllare il fuoco dei cannoni da 90 mm situati lungo la costa inglese. Durante il mese di agosto ha abbattuto il 90 per cento delle bombe ronzanti che sono arrivate e nella sua settimana migliore ha abbattuto 89 delle 91 arrivate. L'M-9 (vedi figure 10 e 11) è stato aiutato da radar e spolette di prossimità . Una versione britannica (il T-24. che dirige i cannoni AA da 4,5 pollici) aveva il suo prototipo completato entro il 1 maggio 942,2 '

Machine Translated by Google

Computer meccanici analogici



Figura 10. Direttore della pistola M-9 in azione. L'unità di localizzazione con i suoi due operatori è in primo piano, mentre le unità di calcolo sono nel camion.

Un'altra progenie dell'M-9 fu l'«M-8 Gun Data Computer», che BTL sviluppò per l'US Coast Artillery Board per il controllo di cannoni da 6 a 2 pollici che sparavano contro bersagli di superficie. L'M-8 correggeva gli angoli di parallasse di diversi cannoni che sparavano allo stesso bersaglio e correggeva anche la curvatura terrestre. Non è mai stato usato in combattimento, perché non c'erano bersagli .*" it.[23]

Per timore che tutti gli sviluppi elettronici analogici nella seconda guerra mondiale siano stati realizzati dai Bell Telephone Laboratories, si noti che la Arma Corporation ha sviluppato, a partire dall'estate del 1940, un computer antiaereo analogico elettronico per il Mark 47 Gun Director. Doveva controllare le mitragliatrici da 40 mm, ma nel 1941 fu cambiato con il cannone da 3 pollici e doveva essere incorporato nel regista Mark 50. Le consegne di 43 unità iniziarono nel maggio 1943, ma il computer presentava alcune serie difficoltà: pesava troppo ed era troppo complesso per una produzione in serie fattibile e per facilità di manutenzione. Il sistema era ulteriormente complicato dal fatto che il convertitore balistico elettronico e il computer per l'ordine delle spolette dovevano controllare 40 mm. Pistole da 1,1~pollici, 3-i&/ 50 antiaerei in 38 50, 5-inch/38 guns.[12]

La promessa dei primi direttori di armi elettroniche analogiche di BTL incoraggiò altri sviluppi informatici durante la seconda guerra mondiale. Uno, l'AN/APA-44, era un computer per bombardamenti e navigazione per aerei. BTL ha anche sviluppato simulatori di volo analogici elettronici per l'addestramento dei piloti per il bombardiere PBM-3 Martin Mariner, il caccia Grumman Hellcat e il bombardiere Consolidated Privateer.'4 bomber.[24]

Dopo la seconda guerra mondiale, fu istituito il Project Cyclone per sviluppare un computer analogico DC per applicazioni generiche. Il lavoro è stato svolto dalla Reeves Instrument Corporation. Ben presto ci furono prodotti commerciali competitivi disponibili da Electronic Associates, Inc., Applied Dynamics, Inc. e alla fine da altre 30 società.

Questi "computer analogici" sono diventati gli strumenti preferiti da una generazione di progettisti di sistemi di controllo, missili e aeroplani. e ingegneri analitici in tutti i rami dell'ingegneria per scopi di simulazione dinamica e spesso in tempo reale. Questi sviluppi hanno lasciato i computer analogici AC molto indietro in termini di precisione e altre caratteristiche prestazionali. Uno dei passaggi chiave era la stabilizzazione del chopper degli amplificatori CC, che altrimenti avrebbero avuto una deriva esasperante.

Una delle persone che ha lavorato in modo quasi anonimo dietro le quinte in questo periodo era Perry Crawford della Naval Special Devices Division. Ha contribuito al pensiero avanzato alla base del Progetto Cyclone. Ha anche avuto una certa influenza sul corso del Progetto Whirlwind, uno dei primi computer digitali sviluppato al MIT che è meglio ricordato per la sua memoria a nucleo magnetico da Jay Forrester.

Crawford aveva scritto due tesi provocatorie al MIT, ".2h che hanno MIT.[25,26] contribuito a pensare alla frontiera del tempo verso i computer digitali elettrici".

La sconfitta dei computer meccanici analogici

L'inizio della fine per i computer meccanici analogici come i computer preferiti nei sistemi di controllo del fuoco iniziò appena prima della seconda guerra mondiale. Erano allora al loro apice. Nessuna concorrenza era in vista. eppure i computer che li avrebbero sostituiti in meno di un decennio erano già in fase di sviluppo.

I computer meccanici analogici per il controllo del fuoco erano molto richiesti a causa della rapida crescita della Marina degli Stati Uniti in quei giorni. Di conseguenza, il Bureau of Ordnance era ansioso che Ford Instrument Co. potesse non essere in grado di produrli abbastanza velocemente da soddisfare la **necessità.** C'erano competenze critiche, macchine utensili. e materiali che scarseggiavano, uno qualsiasi

Machine Translated by Google

che avrebbe potuto produrre un collo di bottiglia fatale. Era solo
prudente che il Bureau of Ordnance abbia poi cercato alternative sulla
base della seconda fonte di approvvigionamento basis.[21]

Sono state citate le spese del governo per i computer analogici elettrici
ed elettronici per il controllo del fuoco e la simulazione di aeromobili.
Questo flusso di denaro è bastato
finanziare la ricerca e lo sviluppo necessari. La subitaneità dell'emergere
dell'analogico elettrico ed elettronico
computer è facilmente attribuibile all'altrettanto improvviso
consapevolezza di un bisogno.

Sembra plausibile che la mancanza di tali finanziamenti e
desiderio di approvvigionamento negli anni precedenti era responsabile
per il relativo ristagno di registri analogici elettrici ed elettronici. Questa
stagnazione esisteva nonostante il quasi pronto
disponibilità di quasi tutto il necessario elettrico e
componenti elettronici analogici. Uno dei motivi del
la stagnazione è ciò che credevano gli analoghi meccanici
fermamente che nessun computer elettronico potrebbe sopravvivere
all'urto dello shock a bordo della nave e alle vibrazioni in battaglia
tubi a vuoto vulnerabili e giunti di saldatura. Probabilmente questo
il pensiero ha mantenuto anche i componenti elettrici, tranne il robusto
servocomandi e sincronizzatori, da computer meccanici analogici.

Nessuno si era reso conto del costo in battaglia a causa della lentezza
anche dei più veloci computer meccanici nel convergere
su un bersaglio. Questa scoperta non è stata fatta fino a quando non è stata più rapida
sono stati sviluppati e dimostrati concorrenti elettrici analogici. Tuttavia,
una volta scoperta, questa caratteristica degli analoghi elettrici si è rivelata
essenziale nell'affrontare una molteplicità di velivoli molto veloci e missili
come bersagli.

Un altro motivo per la mancanza di sforzi per sviluppare l'elettricità
computer analogici fino a poco prima della seconda guerra mondiale
le parti richieste (resistori, potenziometri e condensatori) mancavano di
precisione sufficiente per il controllo del fuoco. La necessaria precisione è
stata, tuttavia, sviluppata in caso di necessità
materializzato.

Durante la guerra mondiale 11 gli analoghi elettrici erano sul
scena e sono stati rapidamente sviluppati con fondi dirottati
da analoghi meccanici. Inoltre, con la produzione è arrivata
riduzioni dei costi per l'analogico elettrico che non potrebbe essere
eguagliato dai computer meccanici di precisione. Allo stesso modo
arrivarono le dimensioni e il peso dei computer elettrici analogici
rapidamente per essere più che competitivi. Le scale erano
puntando a favore degli analoghi elettrici. Con il tempo loro
ribaltato fino in fondo, era stato un processo improvviso su solo un
pochi anni. Il trasferimento dei contratti ai produttori di computer elettrici
analogici e la generale riduzione del livello di
la spesa del dopoguerra paralizzò i produttori di meccanica
computer analogici.

La tecnologia analogica meccanica è morta ma non è
anche ancora, estinto. È ancora in uso dove è meccanica precisa
sono richiesti risultati, come in telescopi molto grandi, la stampa
presse e antenne mobili. La tecnologia analogica meccanica sopravvive
anche in molti modi più sottili. Per esempio,
i "diagrammi schematici" dei computer meccanici analogici
si è evoluto in "diagrammi analogici" per l'analogico elettronico CC
problemi o sistemi informatici (rispettivamente computer generici o
speciali). Diagrammi simili sono spesso
utilizzato nell'ingegneria del controllo, nella simulazione digitale al computer
tecnologia e la "dinamica del sistema" di Forrester. Il pres

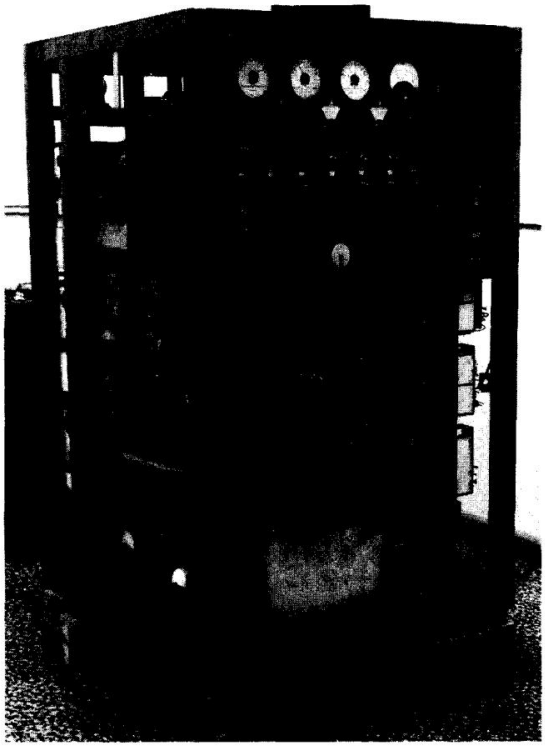


Figure 11. M-9 gun director (covers off).

ent tendenza verso un massiccio parallelismo nei computer digitali
continuerà anche la necessità del tipo di diagramma analogico
bene nel futuro.

Il breve regno dell'analogico elettrico computer

Mentre i computer analogici AC e DC stavano sostituendo
computer meccanici analogici. i loro futuri successori - i computer digitali -
stavano comparendo e crescendo
in capacità. Dal momento che quella storia è ben documentata nel
Annals of the History of Computing, non viene ripetuto qui.
Basti pensare che gli analoghi elettrici ed elettronici avevano a
regno molto più breve rispetto agli analoghi meccanici. Da Ford
Range Keeper Mark 1 all'interruzione virtuale della produzione
di computer meccanici analogici negli anni '50 c'era a 1950s
regno di circa 40 anni. Gli analog elettrici ed elettronici, tuttavia, regnavano
sovrani solo circa 10 anni prima
sono stati superati e sostituiti dalla tecnologia digitale.

Una grande misura dell'importanza storica di mecban- I computer analogici cal deriva dal loro servizio in navale
sistemi di controllo del fuoco dalla prima guerra mondiale a qualcosa oltre
Seconda guerra mondiale. Gran parte del merito del controllo del fuoco navale statunitense
deriva dal design e dalle prestazioni della Ford
I prodotti per computer analogici meccanici di Instrument Company,
compresi gli sviluppi da Range Keeper Mark 1 a
Computer Mark 1. Questi computer erano straordinariamente accurati

Machine Translated by Google

Computer meccanici analogici

nonostante il loro bisogno di essere robusti sotto l'abuso di urti e vibrazioni in battaglia.

Gli eccezionali inventori e sviluppatori dei computer Ford Instrument furono Hannibal C. Ford e William Newell. La loro leadership tecnica, durata quattro de cade, ha fornito una capacità aziendale unica.

Ford e Newell meritano di essere riconosciuti come geni meccanici almeno alla pari di Vannevar Bush. Bush è diventato di gran lunga il più conosciuto, per via dei suoi analizzatori differenziali, per i suoi scritti e per la sua visibilità come amministratore a livello nazionale. Al contrario, Ford e Newell hanno lavorato esclusivamente su progetti riservati sconosciuti al pubblico, non hanno scritto nulla in modo modesto ed erano amministratori solo all'interno dell'azienda. Lasciano che le loro invenzioni e sviluppi parlino per loro.

È un peccato che la storia di Ford e Newell non sia stata conosciuta e apprezzata dagli ingegneri e dal grande pubblico. La Marina degli Stati Uniti ha sempre avuto i fatti, ma non ha potuto parlare per molti anni a causa della necessità della segretezza. Il materiale non poteva essere declassificato fino a quando non aveva più l'attuale importanza militare. Di conseguenza, solo coloro che sono stati coinvolti nel lavoro sono stati al corrente di gran parte della storia.

Allo stesso modo, secondo l'autore. i computer meccanici analogici per il controllo del fuoco navale meritano un posto importante nella storia dell'informatica, come hanno goduto gli analizzatori differenziali.

Le prospettive per la futura tecnologia analogica meccanica si limitano ad alcune opportunità altamente specializzate in cui i suoi vantaggi superano i suoi svantaggi. È molto probabile che queste opportunità si presentino per uno o due componenti piuttosto che per computer completi. La gloria sta nel passato.

Pertanto, la storia dei computer meccanici analogici merita un posto nella storia dei computer. È veramente importante di per sé e, inoltre, la tecnologia è servita da primo trampolino di lancio verso i computer digitali di oggi. **n**

Ringraziamenti

L'autore ha cercato di ritrarre gli aspetti meccanici analogici della storia dell'informatica dal punto di vista di un ingegnere matematico. L'autore è stato guidato dalla corrispondenza con Hunter Dupree, un suo professionista della scienza e della tecnologia. Michael Williams ha il merito di aver convertito un lungo e disorganizzato articolo nel modulo pubblicato qui e di averlo guidato attraverso il processo editoriale. L'autore non avrebbe potuto strutturarlo, condensarlo e ravvivarlo così bene da solo.

Questo articolo è stato presentato nel 1985.

Riferimenti

1. BO Williams, Computing with Electricity, 1035-1945. tesi di dottorato, univ. del Kansas, Lawrence. 1984.

2. JC Maxwell. "Descrizione di una nuova forma di planimetro. uno strumento per misurare le aree delle figure semplici su cui si disegna Carta", ***trad. Società reale scozzese*** delle ***arti.*** vol. 4. 1855.

3. L. Thomson. "Su una macchina di integrazione con un nuovo principio cinematico." ***Proc. Royal Society.*** vol. 24. 1876, pag. 262.

4. V. Ventosa. "Anemometro integrato". lettera all'editore. Natura. Numero 24 novembre 1881.

5. V. Bush. "12a conferenza di Josiah Willard Gibbs". Ottobre 1936.

6. W. Thomson. "Integrazione meccanica delle equazioni differenziali lineari del secondo ordine con coefficienti variabili". ***Proc. Società Reale .*** vol. 24. 1876. pag. 269.

7. V Bush. "Analizzatore differenziale". ***J. Franklin Inst..*** Vol. 212. N. 3. 1931. pp. ***447-488.***

8. W. Thomson. "Macchina per la soluzione di equazioni di auto Lin simultanee". ***Proc. Società reale*** Vol. 28. 1878.

9. M. Fry, "Progettazione di meccanismi informatici". ***Progettazione di macchine.*** agosto-dicembre 1945 e gennaio 1946.

10 AB Clymer. ***Intqyratorb meccanico.*** test, Ohio State University. Colombo. Ohio. 1946.

11 Dipartimento di artiglieria e artiglieria. US ***Bureau of Naval Person nel, US Naval Academy.*** in tre volumi. NAVPER 10798. A. Ufficio tipografico del governo degli Stati Uniti. Washington DC. 1955, 1957, 1959.

12 B. Rowland e WB Bovd. US ***Navy Bureaic of Ordnance nella seconda guerra mondiale.*** Bureau of Ordnance, Dipartimento della Marina. Ufficio stampa del governo degli Stati Uniti. Washington DC, 1953.

13 N. Friedman. ***Armamento navale*** L/S ~3. Istituto Navale Stampa, Annapolis, Md.. 1982.

14 Anon.. -'Hannibal C. Ford è onorato da Cornell,' ***Il grande Collo (NY) Nuovo.*** 24 luglio 1953.

15 Anon. Necrologio di HC Ford. Nrn ***York Times.*** 14 marzo 1955.

16 HC Ford. Brevetto USA 1317915 (concesso nel 1919) e brevetto USA 1317916 (concesso nel 1919)

17 Accademia navale degli Stati Uniti, ***Fire Control,*** 1933, 1941.

18. Collegamento EA. Jr.. Brevetto USA 1825462. 29 settembre 1931.

19. W. dc Beauclair. "Alwin Walther e lo sviluppo della calcolatrice/tecnologia informatica in Germania, 1930-1945. ***Annali della*** storia ***della*** ***Annali di*** Storia ***del Computing.*** vol. 8. n. 4. 1986. pp. 334-350.

20. Ic Tuggere. "Matematica industriale". ***Ricerca - A Narimal Re*** source. Sezione 6. Parte 4. pp.268288. Ristampato in ***Mensile matematico.*** vol. 4X. Supplemento 11, pp. 1-38.

21 WHC Higgins. BD Holbrook. e JW Emling. "Ricerca sulla difesa presso i laboratori Bell: computer elettrici per il fuoco Controllo." ***Annali di storia*** *dell'informatica* . vol. 4, n. 3, luglio 1982. pp. 218-236.

22. P. Hahsn. "George A. Philbrick e Polythemus - Il primo simulatore di addestramento elettronico." ***Annali c!fla*** Storia ***del confronto .*** vol. 4. No. 2. aprile 1982. pp. 143-146.

Machine Translated by Google

23. HG Och. "Computer per cannoni costieri". Record dei laboratori Bell. vol. 24. Maggio 1946. pp. 177-182.

24 RD Ripper. "Un computer analogico per l'addestramento al volo". *Record dei laboratori Bell* . vol. 25. febbraio 1947. pp. 87-81.

25 P. Crawford, *Atmlisi strumentale* / Analisi matematica PI . tesi di laurea, MIT. Cambridge, Messa.. 1939.

26 P. Crawford. *Controllo automatico da Ahmmnitm Operatori*. tesi di laurea, MIT. Cambridge. Messa.. 1942.

Lettura correlata

Anon., "Strumenti matematici". *Enc\cloprdia Britannica* 14a ed.. Vol. 15, 1911.

Anon., "'Brevetti degni di nota". Macchina & segno, 23 maggio 1963.

J. Berry. "Clifford Edward Berry, 1918-1963". *Annals of the History of Computing,* vol. 8, n. 4. 1986, pp. 361-369.

JR Fox, ed.. *Sistema* d' *arma a bordo* . Accademia Navale degli Stati Uniti. Annapolis, Md.. senza data (1976?).

J. Rothwell. Brevetto USA 2002585. 1935.

W. Tamlyn et al.. "Libri di istruzioni" per tutti i prodotti. Ford Instrument Co., pubblicato per la LJS Navy et al.. vari anni.

Ufficio del personale navale degli Stati Uniti. *Principi di Navy Ordnance and* artiglieria , NAVPERS 10783-A. 1965.

WHS "HC Ford. Lavorare a casa. Segue l'andamento della settimana". *Produzione per la Victory House* organ di Ford Instrument Co.). 19 ottobre 20, 1943. 6-8

KL Wildes e NA Lindgren. Un centesimo di ingegneria elettrica e *informatica al MIT, 18X2-1982* . MIT stampa. Cambridge, messa.. 1985.



A. Ben Clymer è un ingegnere consulente in pensione che aveva lavorato in uno studio privato specializzato in simulazione e simulatori. Il suo interesse per i computer meccanici analogici deriva dal suo impiego presso la Ford Instrument Co. dal 1942 al 1945. Come ingegnere progettista junior. ha progettato computer meccanici analogici utilizzati nei sistemi navali di controllo del fuoco per cannoni da S-inch in su e un simulatore di volo di un aereo.

Clymer è raggiungibile al 32 di Willow Drive. Apt. 1B. Oceano, NJ 07712.

Appendice

Tra i meccanici di Newell. idraulico. e le invenzioni elettriche erano le seguenti:

1. Un computer idraulico. più alcuni componenti idraulici, come un dispositivo per generare una pressione idraulica proporzionale ad una cilindrata, e un idraulico torquer e pick-off per un giroscopio in un regista di armi. Brevetti 2317293. 20 aprile 1943: 2405052, 30 luglio 1946: 2483980, 4 ottobre 1949: 25 13888, 4 luglio 1950: 2533306. 12 dicembre 1950: 2550712, 1 maggio 1951; 2569571. 2 ottobre 2569571, 2569571, 16587, 16 ottobre 1956.
2. Vari dispositivi di smorzamento idraulico e/o inerzia da collegare a un servoalbero per levigare la meccanica uscita con un filtro passa basso. Uno di questi, chiamato "*k-motor", ha agito solo quando il segnale si è fatto duro, brevetto 2400775.
3. Poitras e Tear di Ford Instrument hanno sviluppato un accordo che rende proporzionale all'errore la velocità di un motore successivo. ottenendo così una caratteristica esponenziale. rendendolo un "servo con ritardo di velocità". Questo utilizzava una coppa di trascinamento e dava un errore proporzionale alla velocità. Per eliminare questo errore è stato introdotto un differenziale tra il motore e la coppa di trascinamento con un'inerzia sull'altro ingresso differenziale. che dava un errore minore proporzionale all'accelerazione. ma nessun errore proporzionale alla velocità. Newell. in una sola applicazione. utilizzato un cruscotto per ottenere l'effetto servo del ritardo di velocità.
4. Un'unità irreversibile che coinvolge i cunei per bloccare due dischi se la direzione tentava invertire. come nella coppia di ritorno dal rinculo della pistola. Questo dispositivo impedisce l'oscillazione stick-slip durante la guida di un'inerzia. mentre un azionamento a vite senza fine "irreversibile" non ferma lo stick-slip. Brevetti 2266237, 16.194 dicembre I | 2402073. 11 giugno 1941 1946.
5. Un direttore di siluri (Marco 2). Newell ha semplificato la base matematica. che ha consentito di dimezzare le dimensioni del computer. Sei di questi sistemi hanno visto il servizio nella seconda guerra mondiale. Brevetto 2403542. 9 luglio 1046. 1946.
6. Un direttore per la difesa contro i bombardamenti orizzontali. Limitando la sua applicabilità. Newell è stato in grado di farlo con un computer molto più semplice di quello in uso. Brevetti 2403543. 9 luglio 1946; 2403544. 9 luglio 1946. 1946.
7. Una combinazione di sincronia grossolana e fine, che utilizza un collegamento a camme per passare da grossolana a fine. La domanda di brevetto fu depositata nel 1934, ma il lavoro era stato fatto prima. Brevetto 2405045, 30 luglio 1946.
8. Un integratore a sfera singola con cremagliera per eliminare l'effetto della funzione tangente. Brevetto 2412468. 10 dicembre 1046.
9. Uno schema per impedire il superamento del carico inerziale elevato su un servo idraulico. che comportava l'introduzione di un segnale spurio per iniziare a rallentarlo prima che raggiungesse la posizione prevista. Ciò era particolarmente importante per sincronizzare i cannoni da S-inch e per portare i cannoni più pesanti in una posizione di carico. Brevetti 2427154. 9 settembre 1947: 2840992, 1 luglio 1958. 1958.
10. Un meccanismo triangolare per generare la radice quadrata della somma dei quadrati di due variabili di posizione di input. Brevetto 243X818. 30 marzo 1948. 2438818. 1948.
11. Uno schema per l'utilizzo di treni di sfere, con ruote e rulli sterzanti. per integrare complicate funzioni trigonometriche e risolvere il tracciamento del controllo del fuoco

Machine Translated by Google

problema (relativo al precedente lavoro fondamentale di Maxwell, Ventosa. Hele-Shaw. e Smith).“' Patent 2528284. Oct. 3 1, 1950. 1,

12. Un servo elettrico (con Henry F. McKenny). Pa McKenny). Patents 2448287, Aug 31 1948; 2546271 Mar 20 1951. Mar. 21, 1951.
13. Uno schema di registrazione della macchina da stampa che utilizza una fotocellula (con McKenny). Brevetto 2576529. 27 novembre 1951. McKenny)
14. Un resolver analogico elettronico - data una magnitudine *R* e un angolo *A.* calcola le componenti *R* sin *A* e *R cm A* in modo continuo compensando la distorsione magnetica dell'ingresso *R.* Brevetto 2646218, 21 luglio 1953.

15. Un sistema di "controllo della velocità" in base al quale i dati sugli- burst errori di splash o burst point generati da uno spotter in superficie causerebbero il calcolo automatico continuo delle correzioni alla rotta e alla velocità target (brevettato a nome di Ford et al.). Ford aveva sviluppato un sistema di controllo della velocità che invertiva il calcolo e individuava la rotta e la velocità target, ma così facendo interrompeva la generazione del problema di previsione.

Newell ha utilizzato integratori di componenti per generare correzioni alla rotta target e alla velocità dalle correzioni di avvistamento senza interrompere la continuità della soluzione di controllo del fuoco. Friedman fornisce le equazioni. Brevetto 2702667, 22 febbraio 1955. 1955.

16. Un computer meccanico (poi elettrico) a linea oscillante per la navigazione dell'Air Force lungo un grande cerchio da una data longitudine/latitudine all'altra. Ne furono costruiti migliaia. Brevetto 2783942. 5 marzo 1057. 5,1957.
17. Un direttore dei bombardamenti offset per consentire di puntare su un altro punto quando il bersaglio non può essere visto (con Lawrence Brown). Brevetto 2X151Z0, 3 dicembre 1957. 2851170 1957.
18. Integratore meccanico con superficie di attrito ridotta. Brevetto 2693709, 9 novembre, IYS4. 9,1954.
19. Un'unità "riduttore di errore" per ridurre notevolmente gli errori di puntamento dei cannoni della batteria principale (sviluppato intorno al 1950). Brevetti 2763YX8. 25 settembre 1956: 2800259. 30 luglio 1957. 1950) 376 2088 30, 25
20. Un dispositivo elettrico contenente potenziometri maschiati per generare una classe di funzioni di tre variabili. Brevetto 2817478. 24 dicembre 1957.
21. Un dispositivo informatico per prevedere gli angoli del ponte di una portaerei nell'istante in cui un aereo starebbe atterrando. Brevetti 2817479, 24.12.1957: 2888195. 26 maggio 1959: 2888203, 26 maggio 1959: 2978177. Apr. 4, 1961: 2996706. 15 agosto 1961: 3174030. 16 marzo 1965. 26, 1959: 15, 1961

22. Un dispositivo di rilascio del paracadute. con Howard Brevoort. Brevetto 2834083, 13 maggio 1958. 1958.
23. Dispositivo per la squadratura a cono e cilindri (con S. Rappaport). Brevetto 2854854. 7 ottobre. 19%.
24. Un modulo di calcolo per la correzione dell'inclinazione dei perni di articolazione della pistola. Brevetti 2902212. I. settembre IY5Y: 2920817. Jan. 12, 1960; 1967663. Jan. IO. 1961. 1959) 1961.
25. Un controllo di profondità per i siluri che utilizzano un giroscopio per rilevare l'assetto. Ha evitato l'errore nel precedente design dell'ingranaggio Uhlan, dovuto all'uso di un pendolo per il rilevamento dell'assetto. Durante l'accelerazione iniziale questo ha dato un segnale di assetto spurio che ha causato a Uhlan immersione profonda e molte volte disastrosa. Brevetto 2920596. 12 gennaio 1960.

26. Un simulatore di moto siluro per scopi ingegneristici basato sulle equazioni del moto siluro, comprese la massa d'acqua e l'inerzia associate al siluro. Un simile simulatore è stato costruito per scopi di sviluppo presso Ford Instrument Co., forse il primo simulatore di siluri.

27. Un sistema di navigazione "legato" che non utilizza gimbal (sviluppato su contratto nel 1958). In una comunicazione personale, Newell ha affermato di considerare questa una delle sue invenzioni potenzialmente più importanti. Brevetti 3049294, 14 agosto 1962; 2087333, 30 aprile 1963. 14, 1962 Y63. 1

28. Uno schema per sviluppare una corrente elettrica da un'asta calda e un campo magnetico. Questa è l'altra invenzione che Newell considera potenzialmente più importante. Brevetti 3075096, 22 gennaio 1963; 3084267, 2 aprile 1963. 1963.

29. Newell e Willard B. Constantinides hanno sviluppato un correttore di inclinazione del ponte che correggeva gli angoli del cannone approssimativamente per il livello e gli angoli del livello trasversale del ponte.

30. La tecnologia analogica meccanica è stata estesa nel 1945 per lo sviluppo di un addestratore di navigazione per bombardieri, principalmente da Willard B. Constantinides della Ford Instrument Co. Ha risolto le equazioni del moto di un aeroplano con generalità, realismo e precisione molto maggiori rispetto ai computer pneumatici contemporanei nei famosi addestratori Link, che si occupavano solo di piccole perturbazioni lineari relative al volo stazionario. Per registrare la traiettoria dell'aereo come proiettata sul piano orizzontale, il simulatore Ford guidava elettricamente ea distanza un "granchio" meccanico che disegnava una curva su un grande foglio di carta sul pavimento.

3 1 Uno schema per l'uso di resistori (standard ma regolati a valori precisi di un intervallo 1 **OOO**:1) per ottenere guadagni di ingresso dell'amplificatore, che è stato brevettato. 000

Nell'elenco **precedente.** gli articoli che erano principalmente elettrici, distinti da meccanici o idraulici. erano nn. 12, 13. 14. 16.20.29. e 31.

Molte più persone di quelle menzionate hanno interpretato ruoli importanti sotto Ford e Newell. Certamente meritano di essere nominati qui almeno anche i seguenti: Ray Jahn, George Crowther. Giorgio Hamilton. Charles Buckley, Walter Conable (nipote di HC Ford), John Kallenberg, Howard Con- Brevoort. ed Elmer Garrett. Durante la seconda guerra mondiale furono assistiti da Charles Henrich. Charles Pond, Kenneth Crawford (fratello di Perry). Rasmus Figenschou (di Norvay). John Hauser. George Licske. Sig.ra George Elder (nata Athena Rosarkv). Alois Mertz. e l'autore e altri, allora junior, ingegneri impiegati. Henrich Hungarti. (née Alois