



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8300302**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Trigonometrische functiegenerator.**
- ⑤1 Int.Cl³: G06G 7/22.
- ⑦1 Aanvrager: Analog Devices, Inc. te Norwood, Massachusetts, Ver.St.v.Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. G.F. van der Beek c.s.
NEDERLANDSCH OCTROOIBUREAU
Joh. de Wittlaan 15
2517 JR 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8300302.
- ②2 Ingediend 27 januari 1983.
- ③2 Voorrang vanaf 1 februari 1982.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 344544 .
- ⑥2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 1 september 1983.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Trigonometrische functiegenerator.

De uitvinding heeft betrekking op een elektrische schakeling voor het opwekken van een uitgangssignaal dat overeenkomt met een trigonometrische functie van een hoekingangssignaal. Meer in het bijzonder heeft de uitvinding betrekking op een schakeling die naar keuze elke van de

5 trigonometrische standaardfuncties kan opwekken: sinus, cosinus, tangens, cotangens, secans en cosecans.

Een grote variëteit aan methoden zijn ontwikkeld om trigonometrische functies op te wekken door toepassing van analoge schakelingen. Bijvoorbeeld omvatten bekende methoden voor het opwekken van sinusfuncties stuksgewijze lineaire benaderingen, polynoommethoden en andere

10 continue functiemethoden, waarbij vermenigvuldigingsschakelingen, speciale translineaire schakelingen, eenvoudige modificaties van differentiële versterkers met bipolaire transistoren en schakelingen worden toegepast, die grote aantallen van zulke differentiële versterkertrappen bevatten, die periodiek in antifase zijn verbonden.

15

In het algemeen worden bij de hierboven genoemde benaderingen speciale schakelingen voor elke trigonometrische functie toegepast. Aldus worden afwijkende methoden gewoonlijk toegepast om de sinusfunctie en de tangensfunctie op te wekken. Methoden voor het opwekken van de reciproque functies (cotangens, secans en cosecans) worden zelden beschreven.

20

Bij een bij voorkeur toe te passen uitvoeringsvorm van de uitvinding die hierna in bijzonderheden wordt beschreven, wordt een enkele schakeling gebruikt om alle trigonometrische standaardfuncties (sinus, cosinus, tangens, cotangens, secans en cosecans) op te wekken met een

25 uitstekende nauwkeurigheid en temperatuurstabiliteit. Deze schakeling bevat twee identieke netwerken die een sinusfunctie opwekken en die uitgangssignalen leveren evenredig aan de sinus van een hoekingangssignaal. Deze netwerken worden zodanig onderling verbonden, dat het samengestelde uitgangssignaal evenredig is aan het hoekingangssignaal van

30 één netwerk en omgekeerd evenredig aan het hoekingangssignaal van het andere netwerk. Aldus is het uitgangssignaal

$$A \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\phi_2 - \phi_1)}$$

35

waarbij A een regelbare amplitude is, $\theta_1 - \theta_2$ het hoekingangssignaal van één netwerk is en $\phi_1 - \phi_2$ het hoekingangssignaal van het andere netwerk is. Door het naar keuze verbinden van de ingangs-

8300302

klemmen van het netwerk met een hoekstuursignaal en referentiespanningen die 0° en 90° voorstellen, kan elke van de trigonometrische standaardfuncties worden opgewekt, slechts afhankelijk van het aanbrengen van doorverbindingen op pennen om de gewenste trigonometrische functie te kiezen.

De uitvinding zal hierna nader worden toegelicht aan de hand van de tekeningen. In de tekeningen toont:

figuur 1 een blokschema van de gehele inrichting van een trigonometrische functiegenerator;

figuur 2 een schakelschema van een bij voorkeur toe te passen netwerk voor het opwekken van een sinusfunctie;

figuur 3 een grafiek die de sinusfunctie illustreert, die door het netwerk van figuur 2 wordt opgewekt;

figuur 4 een blokschema dat bepaalde aspecten van een commerciële versie van de trigonometrische functiegenerator illustreert met aangegeven als pen uitgevoerde verbindingpunten;

figuur 5 een diagram van de basispeninrichting voor de commerciële versie;

figuur 6 de doorverbindingen op de pennen voor de sinusmodus;

figuur 7 de doorverbindingen op de pennen voor de cosinusmodus;

figuur 8 een grafiek die de uitgangsvariatie voor de cosinusverbinding toont;

figuur 9 de doorverbindingen op de pennen voor de tangensmodus;

en

figuren 10A en 10B tesamen een schema in bijzonderheden van de commerciële inrichting tonen.

In figuur 1 is getoond dat de trigonometrische functiegenerator volgens de uitvinding bestaat uit een paar sinusnetwerken 20, 22 die zijn ingericht voor het ontvangen van respectievelijk differentieel ingangssignalen θ_1 , θ_2 ; ϕ_1 , ϕ_2 en om uitgangssignalen I_{01} en I_{02} op te wekken, die overeenkomen met de sinus van de hoeken die door de betreffende ingangssignalen worden voorgesteld. Deze sinusnetwerken zijn bij voorkeur opgebouwd volgens de beschrijving van een samenhangende aanvrage van aanvraagster. Figuur 2 daarvan illustreert zulk een sinusnetwerk 24 dat bij voorkeur zes bij elkaar gezochte transistoren omvat, vijf weerstanden R die tussen de bases daarvan zijn aangesloten en vier gelijke stroombronnen I die de knooppunten van het weerstandsnetwork voeden.

De stroom uit een gemeenschappelijke emitterstroombron I_E wordt verdeeld over de zes transistoren van het netwerk 24 en de collectoren

van de transistoren worden beurtelings in antifase verbonden om stromen I_1 en I_2 op een paar uitgangsklemmen 26 en 28 op te wekken. De som van I_1 en I_2 is gelijk aan I_E . Het verschil tussen I_1 en I_2 is de uitgangsstroom van het netwerk I_O . Een differentiële hoeking-
 5 gangssignaal wordt aan de eindklemmen 30, 32 van het netwerk toegevoerd om de differentiële uitgangsstroom I_O volgens de sinus van de ingangshoek te besturen.

Figuur 3 toont het uitgangssignaal van het netwerk 24 als functie van het hoekingangssignaal. Het blijkt dat de uitgangsstroom met een
 10 zeer hoge nauwkeurigheid sinusvormig varieert over een gebied dat groter is dan de grenzen van $\pm 90^\circ$ van de meeste bekende inrichtingen. In het midden $\pm 180^\circ$ is de afwijking minder dan 0,25%. Binnen een gebied van $\pm 270^\circ$ heeft de schakeling een afwijking van minder dan 1%.

Volgens figuur 1 ontvangt een stuurversterker 40 met een hoge ver-
 15 sterkingsfactor de uitgangsstroom I_{O2} van het sinusnetwerk 22 ($\emptyset$), tesamen met een referentiestroom die door een weerstand R_{REF} wordt toegevoerd, die met een referentiespanningsklem V_{REF} is verbonden (1,8 V bij de bij voorkeur toe te passen uitvoeringsvorm). Het uitgangssignaal van de versterker 40 bestuurt de stroombron I_{E2} om
 20 I_{O2} gelijk te maken aan de referentiestroom. De andere emitterstroombron I_{E1} is aangepast aan I_{E2} en volgt die bron door gemeenschappelijke verbindingen. Aldus ontvangt het θ -netwerk 20 dezelfde emitterstroom als het $\emptyset$ -netwerk.

Bij de beschouwing van de werking van de gehele inrichting zullen
 25 de volgende afspraken worden aangehouden: θ_1 en θ_2 zijn hoeken die evenredig zijn aan de ingangsspanningen die aan de respectieve ingangsklemmen van het θ -netwerk worden toegevoerd, en $\emptyset_1$ en $\emptyset_2$ zijn hoeken die evenredig zijn aan de ingangsspanningen die aan de respectieve ingangsklemmen van het $\emptyset$ -netwerk worden toegevoerd. Thans is
 30 door toepassing van de analyse die voor zulke sinusnetwerken in de hierboven genoemde octrooiaanvraag zijn ontwikkeld, de uitgangsstroom van het θ -netwerk:

$$I_{O1} = C_1 I_{EL} \sin (\theta_1 - \theta_2) \quad (1)$$

waarbij C_1 een temperatuursafhankelijke factor is, die door het
 35 ontwerp van het netwerk wordt bepaald.

Deze differentiële stroom I_{O1} wordt door de uitgangsversterker
 44 met een hoge versterkingsfactor en zijn terugkoppelweerstand R_F omgezet in een uitgangsspanning:

$$V_O = C_1 I_{E1} R_F \sin (\theta_1 - \theta_2) \quad (2)$$

40 Op analoge wijze geldt voor de uitgangsstroom van het $\emptyset$ -netwerk

$$I_O = C_2 I_{E2} \sin (\phi_1 - \phi_2) \quad (3)$$

De terugkoppellus waarin de stuurversterker 40 is opgenomen, is in balans wanneer I_{O2} is $I_{REF} = V_{REF}/R_{REF}$. Hieruit volgt:

$$V_{REF} = C_2 I_{E2} R_{REF} \sin (\phi_1 - \phi_2) \quad (4)$$

Aangezien de ϕ - en θ -netwerken identiek zijn, $C_1 = C_2$ en aangezien I_{E1} gelijk is aan I_{E2} , kunnen de vergelijkingen (2) en (4) worden gecombineerd tot:

$$V_O = V_{REF} \frac{R_F}{R_{REF}} \cdot \frac{\sin (\theta_1 - \theta_2)}{\sin (\phi_1 - \phi_2)}$$

of

$$V_O = A \frac{\sin (\theta_1 - \theta_2)}{\sin (\phi_1 - \phi_2)} \quad (5)$$

Dit toont aan dat de uitgangsspanning V_O van de schakeling van figuur 1 evenredig is aan het produkt van een versterkingsfactor (A) en de sinus van het verschil van de hoeken θ_1 en θ_2 en omgekeerd evenredig is aan de sinus van het verschil van de hoeken ϕ_1 en ϕ_2 . Er wordt opgemerkt, dat de temperatuursafhankelijkheid van een enkel sinusnetwerk in de gecombineerde schakeling is geëlimineerd als gevolg van de omgekeerde relatie van de twee netwerken. De uiteindelijke gehele schakeling levert een basisbouwblok waaruit alle trigonometrische functies kunnen worden afgeleid zoals hierna zal worden toegelicht.

Figuur 4 toont verdere aspecten van een commerciële versie van de schakeling en geeft penverbindingpunten voor volgende referentie. Hierbij ontvangt de stuurversterker 40 een referentiestroom uit een of beide van de twee referentieweerstanden R_{R1} , R_{R2} afhankelijk van het feit of de gewenste uitgangsamplitude 1 V of 10 V is. De uitgang van de versterker bestuurt de spanning op een leiding 46 die met de beide emitterweerstand R_{E1} R_{E2} van een paar uitgezochte stroombrontransistoren Q50, Q51 is verbonden, waarvan de bases onderling zijn verbonden. Aldus volgt de tweede stroombron de eerste stroombron Q50.

De commerciële schakeling bevat een referentiespanningsgenerator die als een blok 48 is aangegeven. Deze generator kan bijvoorbeeld een temperatuur-gestabiliseerde band-spleetreferentieschakeling zijn, die in het Amerikaanse octrooischrift RE 30.586 is beschreven. Wanneer de pennen 3 en 4 met de pen 5 van de referentiespanningsgenerator zijn doorverbonden en wanneer $V_{REF} = 1,8$ V, wordt ongeveer 200/uA via de weerstanden R_{R1} R_{R2} aan de ingang van de versterker toegevoerd. Het uitgangssignaal van de stuurversterker stelt de spanning van

de leiding 46 zodanig in, dat de stroombron Q50 de emitterstroom I_E aanbiedt die nodig is om een uitgangsstroom van $200/\mu A$ uit het netwerk te verkrijgen teneinde de versterkeringang te balanceren. Bij de commerciële versie van deze schakeling, waarbij een hoekingangssignaal van 90° ($1,8 V$) over de ingangsklemmen ϕ_1 ϕ_2 aanwezig is, zal de bron Q50 een stroom I_E van ongeveer $600/\mu A$ leveren, die overeenkomt met een verhouding van ongeveer $1/3$ voor I_O/I_E , zoals in figuur 3 is aangegeven voor een ingangshoek van 90° .

De tweede stroombron Q51 neemt de eerste stroombron Q50 mee en levert ook dezelfde $600/\mu A$ als de emitterstroom I_E voor het θ -netwerk 20. Indien dus een signaal van 90° ($1,8 V$) over zijn ingangsklemmen θ_1 , θ_2 wordt toegevoerd, zal een differentiële stroom van $200/\mu A$ als de uitgangsstroom I_{O1} van het netwerk worden opgewekt. Wanneer de terugkoppelweerstand R_F van de uitgangsversterker $44\ 50\ K$ is, levert deze stroom een uitgangssignaal V_O van $10 V$.

Figuur 5 toont schematisch de penopstelling voor een commerciële versie van de schakeling die aangepast is aan een behuizing DIP met 14 pennen. Dit basisdiagram wordt in de figuren 6, 7 en 9 gebruikt om te illustreren op welke wijze de pendoorverbindingen worden gemaakt om de schakeling te programmeren voor de sinus, cosinus respectievelijk tangenstoepassing.

Uit figuur 6 blijkt, dat de sinustoeassing wordt geprogrammeerd door V_{REF} te verbinden met ϕ_1 om een ingangshoek van 90° aan het ϕ -netwerk 22 toe te voeren, zodat de noemer in vergelijking 5 gelijk is aan een. V_{REF} wordt eveneens met A_1 , A_2 verbonden om een uitgangsamplitude van $10 V$ in te stellen. Het hoekstuursignaal is met de pen θ_1 verbonden, waarbij θ_2 met aarde is verbonden, zodat het uitgangssignaal evenredig is aan sinus ($\theta - 0$). De uitgangsklem O/P zal daarom de in figuur 3 getoonde sinusfunctie opwekken.

De pendoorverbindingen voor een cosinustoeassing is in figuur 7 getoond. Deze configuratie is dezelfde als van figuur 6 met uitzondering dat het hoekstuursignaal wordt toegevoerd aan de pen θ_2 , terwijl de vaste referentiespanning van 90° als θ_1 is aangesloten. Aldus is het netwerk geprogrammeerd voor sinus ($90^\circ - \theta_2$) hetgeen equivalent is aan cosinus θ_2 . Figuur 8 toont de cosinusfunctie te samen met de lijn van een verschuiving van 90° . Positieve waarden van θ beslaan een gebied van 450° en negatieve waarden beslaan een gebied van 270° . De cosinusfunctie kan ook worden geprogrammeerd door het verbinden van V_{REF} als θ_2 en het stuursignaal als θ_1 ; op deze wijze zullen positieve waarden van θ_1 een gebied van 270° beslaan

en negatieve waarden een gebied van 450° .

De tangenstoepassing is in figuur 9 getoond. Hier is V_{REF} weer aangesloten op θ_1 , terwijl θ_2 geaard is zoals bij de sinus-toepassing. Thans wordt echter het stuursignaal voor een hoek α toegevoerd aan zowel de pen θ_1 als de pen θ_2 . Hierdoor is het uitgangssignaal evenredig aan

$$\frac{\sin(\alpha - 0^\circ)}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

10 Figuur 9 toont de aansluiting van V_{REF} op A_1 , waarbij A_2 geaard is.

In de tangenstoepassing zijn er tijdens bedrijf slechts bepaalde waardegebieden die overeenkomen met de juiste terugkoppelfase over de stuurversterker. Hierdoor loopt het hoofdgebied van -90° tot $+90^\circ$ (waarbij cosinus θ positief is); secundaire gebieden liggen van -360° tot -270° en 270° tot 360° . Bij de getoonde verbindingen is het uitgangssignaal $+1$ V bij 45° en stijgt naar $+10$ V bij $84,29^\circ$ (en -10 V bij $-84,29^\circ$). Het teken van het uitgangssignaal kan worden omgekeerd door θ_1 en θ_2 om te keren. Er kunnen sommige gevallen zijn, waarbij de gebruiker de schaalkeuze van 10 V wenst (A_1 en A_2 beide verbonden met V_{REF}). Hierdoor stijgt het uitgangssignaal van 0 bij 0° af, via 1 V bij $5,71^\circ$ en 10 V bij 45° .

Soortgelijke overwegingen gelden voor de cotangenstoepassing. Het hoekingangssignaal (α) wordt toegevoerd aan zowel θ_2 als θ_1 , waarbij θ_2 geaard is en θ_1 op 90° (V_{REF}) is ingesteld. Het hoofdgebied tijdens bedrijf loopt van 0° tot 180° (het uitgangssignaal is nul bij 90°); secundaire gebieden lopen van -270° tot 90° en van 270° tot 360° .

De cosecansfunctie (de reciproque van de sinusfunctie) wordt opgewekt, doordat het hoekingangssignaal wordt toegevoerd aan het θ -netwerk, terwijl het θ -netwerk op één wordt ingesteld door $\theta = +90^\circ$ te maken. Het teken van de noemerfunctie moet positief zijn om de juiste terugkoppelrichting in de stuurversterker te handhaven. Aldus strekt het primaire hoekgebied zich uit van 0 tot 180° . Het ingangssignaal A_1 met een amplitude van een wordt toegepast, aangezien de cosecansfunctie nooit een grootte heeft die kleiner is dan 1 . Door toepassing van de schaalkeuze van 1 V is het uitgangssignaal $+10$ V bij $5,74^\circ$ en $+174,26^\circ$. Het negatieve uitgangssignaal ($-\text{cosecans } \theta$) wordt verkregen door het omkeren van de ingangssignalen aan θ_1 en θ_2

40 Soortgelijke gebiedsoverwegingen gelden voor de secanstoepassing

(de reciproque van de cosinus). Het hoekingangssignaal wordt 90° verschoven om de cosinustoepassing in het $\emptyset$ -netwerk in te stellen, terwijl het $\emptyset$ -netwerk wordt ingesteld op $\sin 90^\circ = 1$ door toepassing van de referentiespanning. Het primaire bedrijfsgebied verloopt van -90° tot $+90^\circ$. De A_1 -amplitudekeuze wordt toegepast, zodat het uitgangssignaal 1 V bij 0° is en stijgt naar 10 V bij $+84,26^\circ$. De functie van $-\sec \theta$ kan worden opgewekt door eenvoudigweg het omkeren van de ingangssignalen $\emptyset$.

De terugkoppeling over de uitgangsversterker 44 kan worden onderbroken (zoals in figuur 5 is aangegeven), waarbij de klemmen Z_1 en Z_2 beschikbaar blijven als een andere ingang. Thans is het uiteindelijke ingangssignaal van de uitgangsversterker het verschil tussen het uitgangssignaal uit de sinusnetwerken ($A \sin \theta / \sin \emptyset$) en ($Z_1 - Z_2$). Indien het uitgangssignaal van de versterker naar de hoekingangen wordt teruggevoerd, kunnen inverse functies worden opgewekt. Om bijvoorbeeld een arctangens op te wekken worden de ingangssignalen ingesteld zoals voor de tangens en op schaal gebracht volgens de toepassing (waarschijnlijk wordt de schaal van 1 V toegepast). Het samengestelde uitgangssignaal uit de sinusnetwerken (dat wil zeggen het tangens-uitgangssignaal) wordt nul gemaakt door de $Z_1 - Z_2$ -ingang te gebruiken, waarbij de versterker 44 het hoekingangssignaal gelijk maakt en dat overeenkomt met deze ingang. In tenminste bepaalde opstellingen voor een inverse functie zal het nodig zijn om hulpinrichtingen voor signaalbesturing toe te passen, zoals middelen om de amplitude van het ingangssignaal te begrenzen, en om een onderbrekingsdiode toe te passen wanneer een vermenigvuldigingsschakeling in de vierkantwortelmodus wordt gebruikt.

De figuren 10A en 10B tonen tesamen een schakelschema van het betreffende ontwerp van een commerciële trigonometrische functiegenerator die is geïntegreerd op een enkel plaatje. Het getoonde ontwerp omvat het sinusnetwerk en de hierboven beschreven besturingsschakelingen, tesamen met voorspanningsschakelingen en bijbehorende schakelingen die voor een deskundige duidelijk zijn; daarom zullen discussies in bijzonderheden eenvoudigheidshalve worden weggelaten.

Het $\emptyset$ -netwerk 20 is in figuur 10B getoond, hetwelk de transistoren Q23 tot en met Q28, de weerstanden R32 tot en met R36, vier knooppuntstroombronnen Q12 tot en met Q15 van 150/A en ingangsverzwakkers R37 tot en met R40 bevat. Q23 tot en met Q28 vertonen bij voorkeur een hoge beta, een betrekkelijk lage basisweerstand en een goede V_{BE} -aanpassing en zijn bij het ontwerp van het plaatje zo dicht mogelijk

bij elkaar geplaatst om thermische fouten zo klein mogelijk te houden. De stroombronnen Q12 tot en met Q15 zijn aangepast en hebben een uitgangsimpedantie van ongeveer 10M Ohm. Een extra stroombron, Q16 en R29, heeft een dubbele rol: omdat deze aan de uitgangszijde van de configuratie van PNP's Q12-Q15 is geplaatst, dient deze ten eerste voor het verbeteren van de aanpassing van deze inrichtingen, doordat deze werkt als een kunstafsluiting; ten tweede voorziet deze in een topologisch gemakkelijke wijze om Q58, Q77 en Q57 een gelijkstroominstelling te geven. Deze stroomspiegels hebben een versterking van ongeveer twee en vormen een opneemschakeling voor de 300/A die uit elk einde van het basis-voorspanningsnetwerk stroomt.

Het in figuur 10A getoonde $\emptyset$ -netwerk 22 is gelijk aan het θ -netwerk 20 en omvat de transistoren Q17 tot en met Q22, de weerstanden R10 tot en met R14, vier knooppuntstroombronnen Q7 tot en met Q10 van 150/ μ A en ingangsverzwakkers R15 tot en met R18. De knooppuntstroombronnen van beide netwerken worden bestuurd door een gemeenschappelijke stuurversterking die de transistoren Q2, Q3 Q4 en bijbehorende schakelingen bevat.

Hoewel een bij voorkeur toe te passen uitvoeringsvorm van de uitvinding in bijzonderheden is beschreven, is het duidelijk dat dit ten behoeve van de illustratie van de principes van de uitvinding is en dat vele varianten binnen het kader van de uitvinding mogelijk zijn. Bijvoorbeeld is het duidelijk dat hoewel beschreven is dat de emitterstroombronnen I_{E1} en I_{E2} gelijke stromen leveren, ongelijke stromen die elkaar volgen, ook kunnen worden gebruikt om gewenste eindresultaten te verkrijgen. Nog andere modificaties zullen voor een deskundige duidelijk zijn en daarom moeten de specifieke bijzonderheden van de beschreven uitvoeringsvorm niet worden beschouwd als een beperking van de uitvinding.

C O N C L U S I E S .

1. Trigonometrische functiegenerator voor het naar keuze opwekken van elke trigonometrische standaardfunctie, gekenmerkt door:

een eerste sinus- (cosinus)-netwerk dat is ingericht voor het ont-
 5 vangen van een eerste hoekingangssignaal en voor het opwekken van een
 eerste uitgangssignaal dat overeenkomt met de sinus (cosinus) van de
 eerste ingangshoek;

een tweede sinus- (cosinus)-netwerk dat is ingericht voor het ont-
 vangen van een tweede hoekingangssignaal en voor het opwekken van een
 10 tweede uitgangssignaal dat overeenkomt met de sinus (cosinus) van de
 tweede ingangshoek; en

schakelmiddelen die de eerste en tweede netwerken onderling ver-
 binden en middelen bevatten voor het opwekken van een samengesteld uit-
 gangssignaal dat evenredig is aan de sinus (cosinus) van de eerste in-
 15 gangshoek en ongeveer evenredig is aan de sinus (cosinus) van de tweede
 ingangshoek.

2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het samen-
 gestelde uitgangssignaal een signaal is dat overeenkomt met het eerste
 uitgangssignaal en dat de schakelmiddelen middelen omvatten die op het
 20 tweede uitgangssignaal reageren om de werking van het eerste netwerk te
 besturen, zodanig dat het eerste uitgangssignaal omgekeerd varieert bij
 wijzigingen van de tweede ingangshoek.

3. Inrichting volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat eerste en
 tweede stroombronnen aanwezig zijn die stromen aan de eerste respectie-
 25 velijk tweede netwerken leveren en dat de uitgangssignalen van de net-
 werken worden afgeleid uit de stroom die door de respectieve stroombron
 wordt toegevoerd.

4. Inrichting volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat terugkop-
 pelmiddelen aanwezig zijn, die reageren op het tweede uitgangssignaal
 30 om de tweede stroombron te besturen, teneinde het tweede uitgangssig-
 naal op een vooraf gekozen grootte in te stellen en dat middelen aanwe-
 zig zijn die de twee stroombronnen onderling verbindt, zodanig dat de
 tweede stroombron de eerste stroombron meetrekt.

5. Inrichting volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de eerste
 35 en tweede stroombronnen aan elkaar zijn aangepast en gelijke stromen
 leveren.

6. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat sinusnet-
 werken zijn aangebracht, die differentiële hoekingangssignalen ontvan-
 gen en dat middelen aanwezig zijn die een met een hoek van 90° overeen-
 40 komende referentiespanning aanbieden als één component van een diffe-

rentiëel signaal dat aan elk van de netwerken wordt toegevoerd.

7. Inrichting volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat een van de netwerken op een ingangsklem daarvan een met een hoek van 90° overeenkomend referentiesignaal ontvangt om een cosinusfunctie uit dat netwerk te verkrijgen.

8. Inrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat het andere netwerk op zijn uitgang een sinusfunctie levert, waarbij het samengestelde uitgangssignaal een tangens- (cotangens)-functie is.

9. Inrichting volgens conclusie 1, gekenmerkt door een versterker met een hoge versterkingsfactor, waarvan de ingang met de uitgang van het eerste netwerk is gekoppeld en middelen voor het aan de ingang van de versterker toevoeren van een signaal dat een vooraf gekozen trigonometrische functie voorstelt, waarbij de uitgang van de versterker is gekoppeld met tenminste één van de hoekingangen van de netwerken om het samengestelde uitgangssignaal van de netwerken in te stellen op een waarde die overeenkomt met het inverse functiesignaal, waardoor het uitgangssignaal van de versterker de hoek voorstelt die overeenkomt met de vooraf gekozen trigonometrische functie.

10. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat elk van de sinusnetwerken bevat:

- een paar uitgangsklemmen;
- een stel transistoren;
- middelen voor het beurtelings in antifase verbinden van de collectoren van de transistoren met de respectieve uitgangsklemmen;
- een gemeenschappelijke emitterstroombron voor het stel transistoren;
- een basis-voorspanningsnetwerk met een stel knooppunten;
- middelen voor het toevoeren van een stroom aan het netwerk om in de knooppunten een spanningverdelingspatroon op te wekken met een piek die zich langs de knooppuntenlijn bevindt;
- middelen die de knooppunten verbinden met de bases van de respectieve transistoren; en
- ingangsmiddelen om aan het netwerk een ingangssignaal toe te voeren, dat evenredig is aan een ingangshoek, en om de plaats van de piek langs de knooppuntenlijn te besturen volgens de grootte van het signaal.

11. Werkwijze voor het opwekken van trigonometrische functies, gekenmerkt door:

het opwekken van een eerste signaal uit de uitgang van een eerste sinus- (cosinus)-netwerk dat is ingericht voor het ontvangen van een

eerste hoekingangssignaal;

het opwekken van een tweede signaal uit de uitgang van een tweede sinus- (cosinus)-netwerk dat is ingericht voor het ontvangen van een tweede hoekingangssignaal; en

- 5 het gebruiken van het tweede signaal om de grootte van het eerste signaal te besturen, zodanig dat dit omgekeerd is ten opzichte van de grootte van de tweede hoek.

12. Werkwijze volgens conclusie 11, met het kenmerk, dat de netwerken worden ingericht voor het opnemen van differentiële hoekingangssignalen en dat aan de ingang van tenminste een van de netwerken, als
10 een component van het differentiële ingangssignaal, een referentiesignaal wordt toegevoerd, dat een waarde heeft dat overeenkomt met een hoek van 90° .

13. Werkwijze volgens conclusie 11, met het kenmerk, dat de uitgang van het eerste netwerk wordt verbonden met een versterker met een
15 hoge versterkingsfactor, dat het uitgangssignaal van de versterker wordt toegevoerd aan tenminste een van de ingangen van de netwerken en dat aan de ingang van de versterker een functiesignaal wordt toegevoerd dat moet worden gebalanceerd door het uitgangssignaal van het eerste
20 netwerk, waardoor een inverse trigonometrische functie wordt opgewekt.

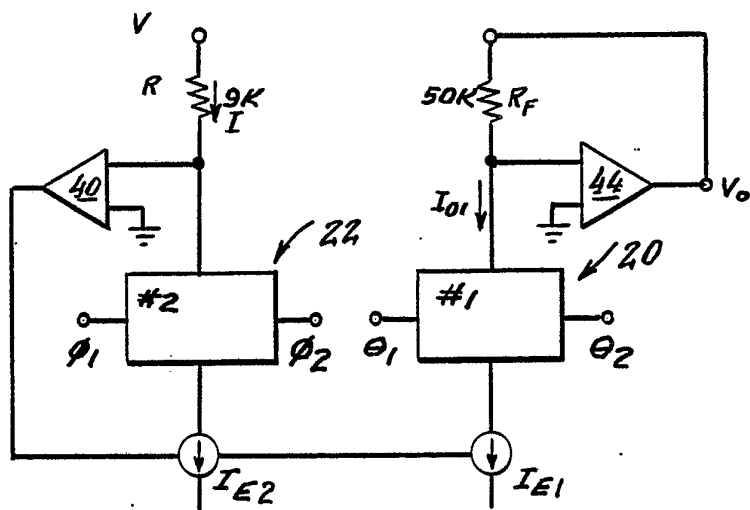


Fig. 1.

Fig. 2.

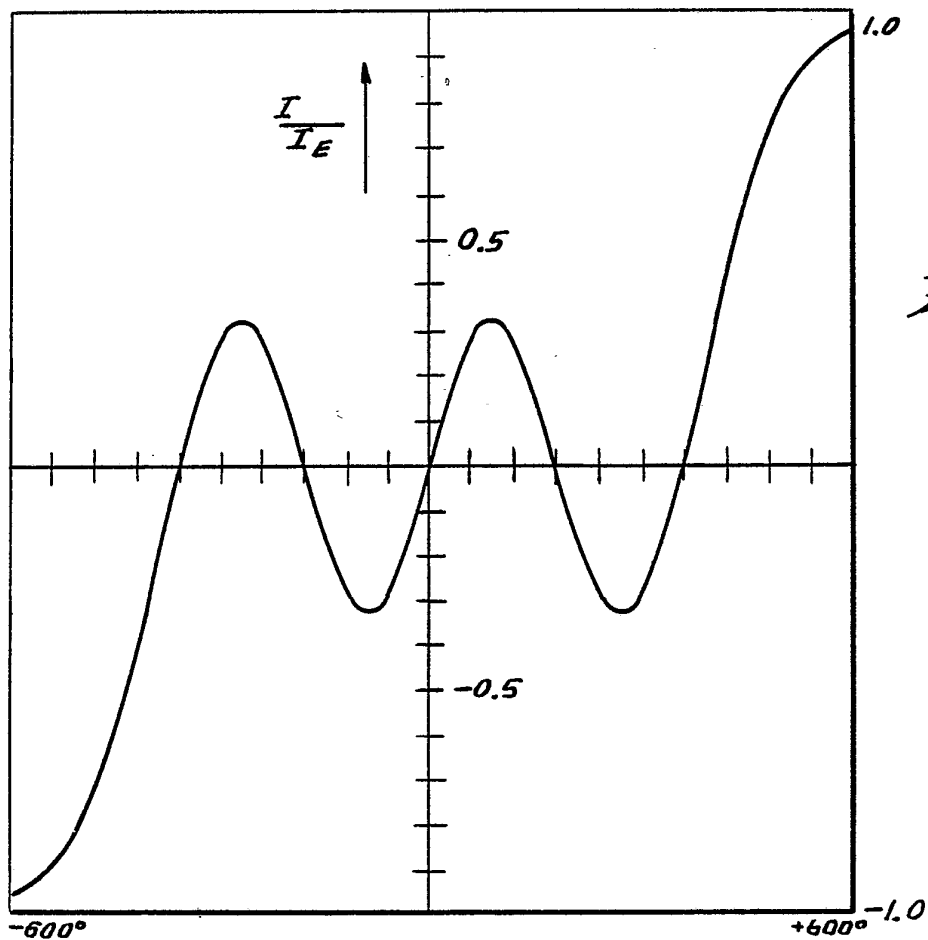
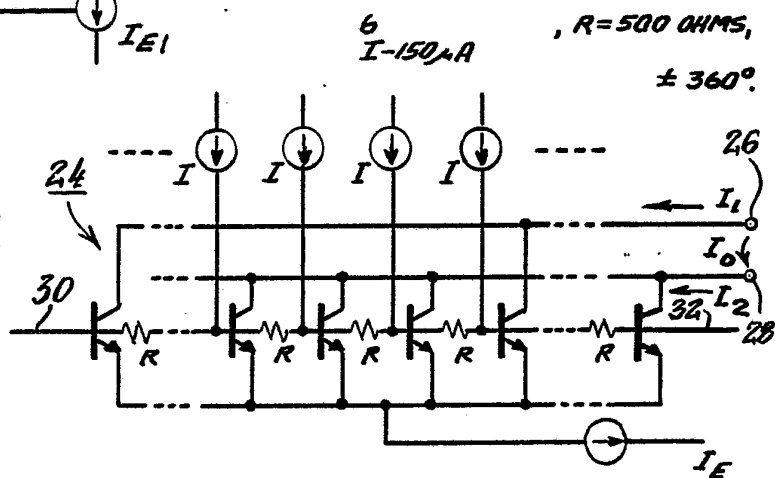
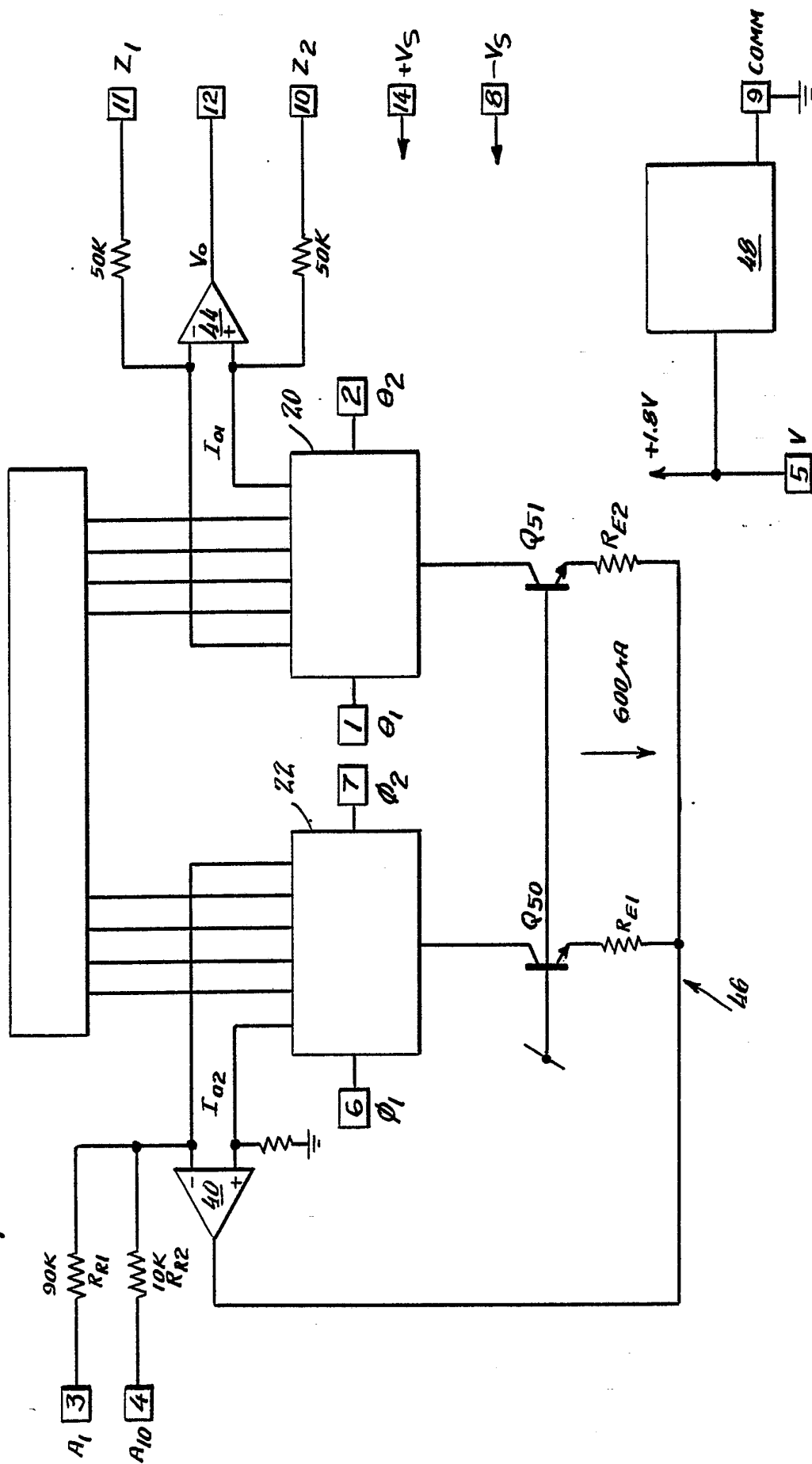


Fig. 3.

Fig. 4



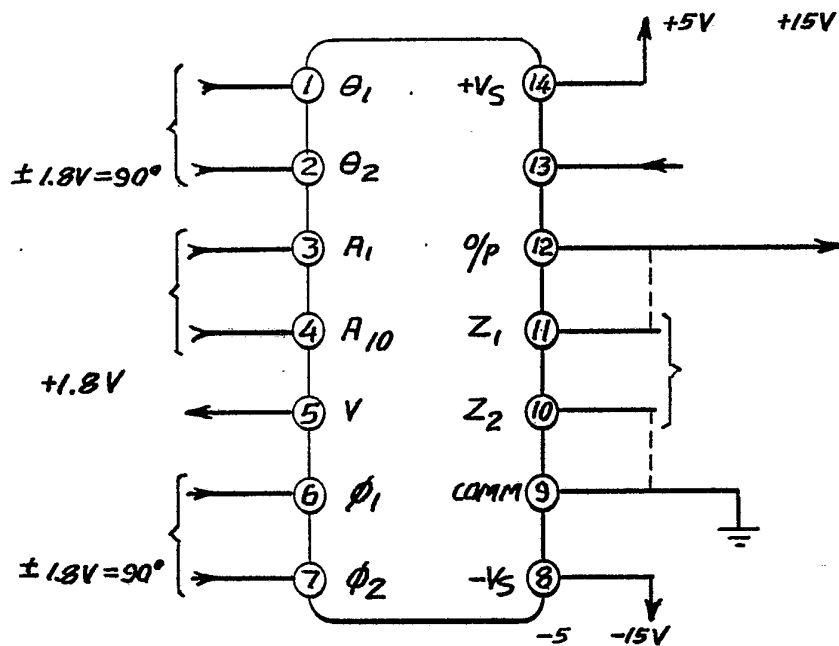


Fig. 5.

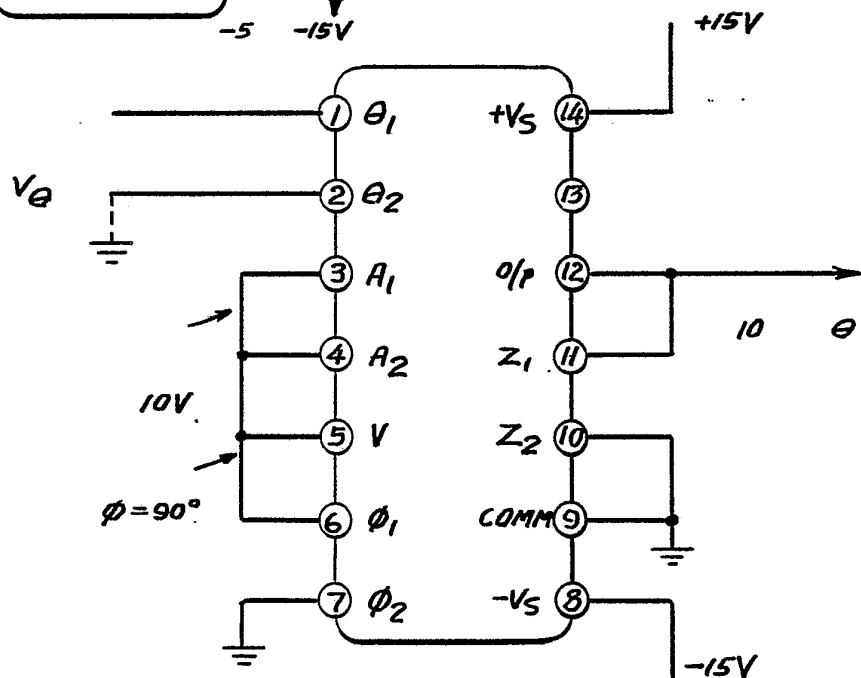


Fig. 6.

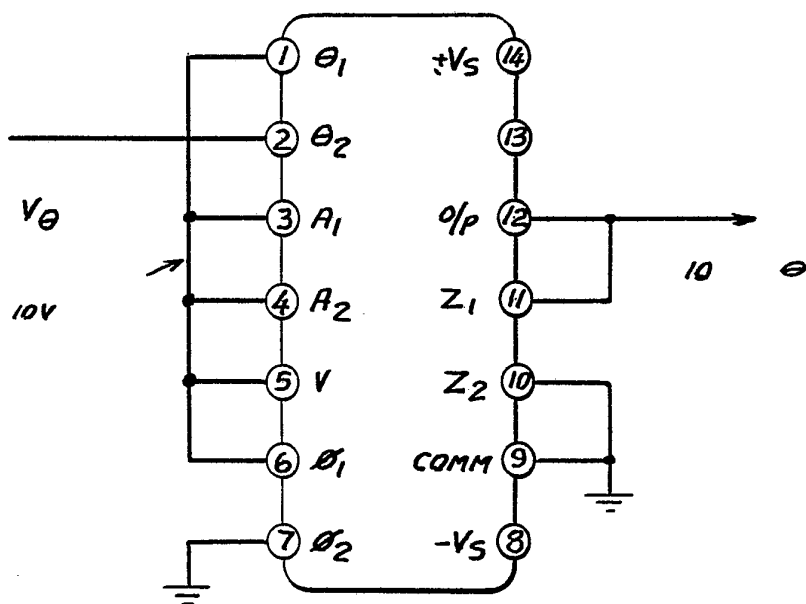


Fig. 7.

Fig. 8.

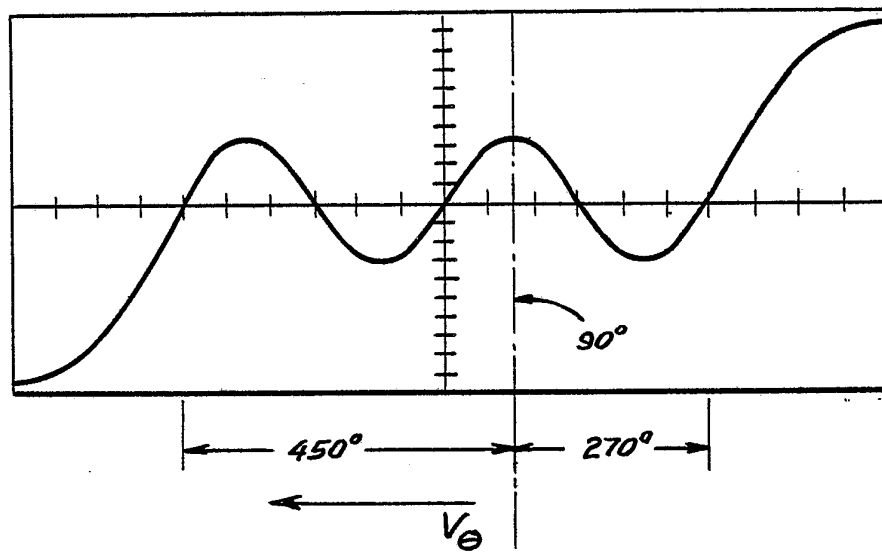


Fig. 9.

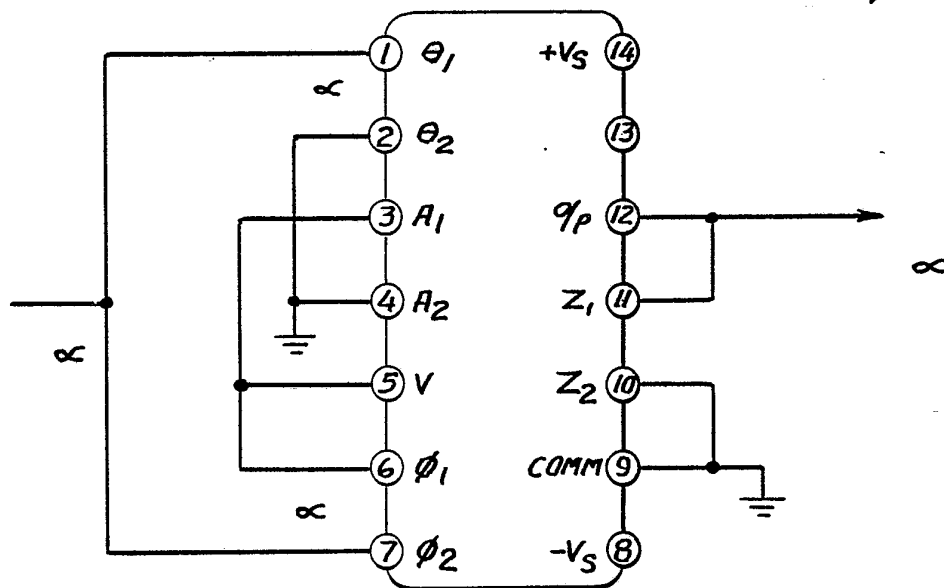
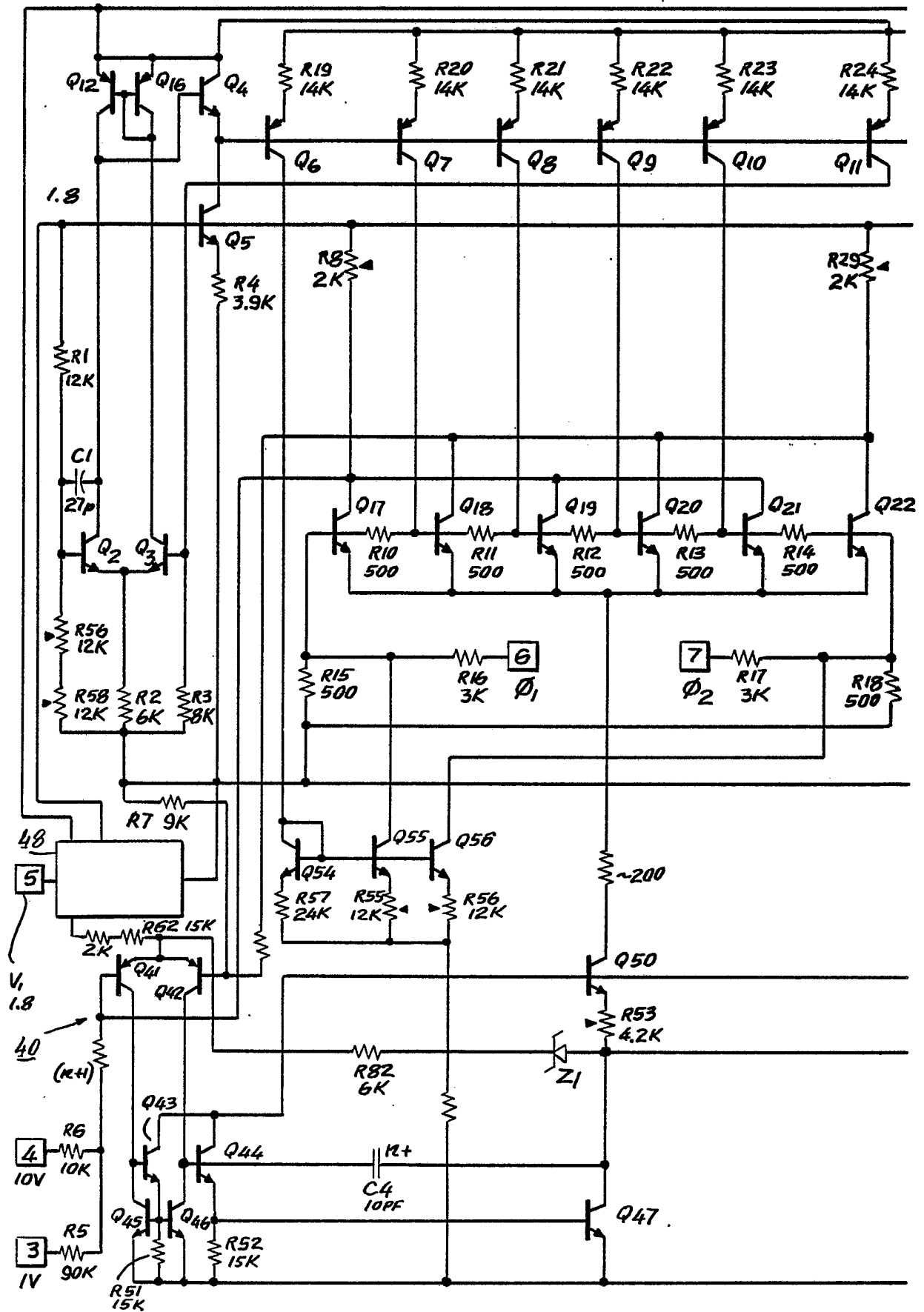


Fig. 10A.



8300302

Fig. 10B.

