



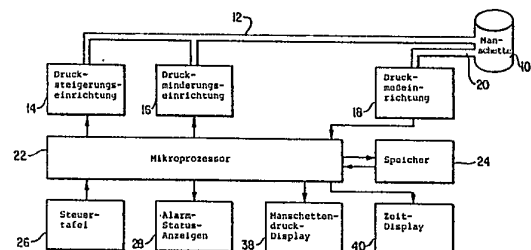
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

<p>⑰ Gesuchsnummer: 6075/81</p> <p>⑱ Anmeldungsdatum: 21.09.1981</p> <p>⑳ Priorität(en): 02.10.1980 US 193145</p> <p>㉔ Patent erteilt: 15.07.1986</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.07.1986</p>	<p>⑦③ Inhaber: Western Clinical Engineering Ltd., Vancouver/British Columbia (CA)</p> <p>⑦② Erfinder: McEwen, James Allen, Richmond/British Columbia (CA)</p> <p>⑦④ Vertreter: IPTO S.A., Muralto, Adresse postale: Genève 17</p>
--	---

⑤④ **Pneumatischer Apparat zum Abschnüren eines Gliedmasses.**

⑤⑦ Der pneumatische Apparat ist mit einer aufblasbaren Manschette (10), Drucksteigerungseinrichtungen (14) zum Aufblasen der Manschette (10), Druckminderungseinrichtungen (16) zur Verminderung des Druckes in der Manschette (10), Druckmesseinrichtungen (18) zur Messung des Druckes, auf den die Manschette aufgeblasen ist und Drucksteuereinrichtungen zur wahlweisen Aktivierung der Drucksteigerungseinrichtungen (14) und der Druckminderungseinrichtungen (16) zur Beibehaltung des Manschettendruckes in der Nähe eines vorgewählten Druckes ausgerüstet. Sicht- und hörbare Alarmsignale werden ausgelöst, wenn der Manschettendruck eine vorgewählte obere Grenze übersteigt, wenn der Manschettendruck unter eine vorgewählte untere Grenze sinkt, oder wenn die Manschette (10) über eine vorbestimmte Zeitdauer hinaus aufgeblasen ist. Ein Rechner kann verwendet werden, um den Manschettendruck zu messen und durch Erhöhen oder Mindern des Druckes in der Manschette für die Beibehaltung des Manschettendruckes zwischen der oberen und der unteren Druckgrenze zu sorgen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Pneumatischer Apparat zum Abschnüren eines Gliedmasses, gekennzeichnet durch eine aufblasbare Manschette (10); Drucksteigerungseinrichtungen (14) zum Aufblasen der Manschette, Druckminderungseinrichtungen (16) zur Verringerung des Druckes in der Manschette, Druckmesseinrichtungen (18) zur Erzeugung eines ersten Ausgangssignals zur Anzeige des Druckes, mit dem die Manschette aufgeblasen ist, und Drucksteuerungseinrichtungen in Abhängigkeit von dem ersten Ausgangssignal zur wahlweisen Aktivierung der Drucksteigerungseinrichtungen (14) und der Druckminderungseinrichtungen (16) zur Beibehaltung des Druckes, auf den die Manschette in dem Bereich eines vorgewählten Druckes aufgeblasen ist.

2. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drucksteuerungseinrichtungen elektronische Fühl- und Steuereinrichtungen enthalten zum (a) Vergleich des ersten Ausgangssignals mit einem dem vorgewählten Druck entsprechenden Signal, (b) Erzeugen eines zweiten Ausgangssignals zur Aktivierung der Druckminderungseinrichtungen (16) zur Verminderung des Druckes in der Manschette (10), wenn der Druck, auf den die Manschette aufgeblasen ist, eine erste Druckgrenze überschreitet, und (c) Erzeugen eines dritten Ausgangssignals zur Betätigung der Drucksteigerungseinrichtungen (14) zum Aufblasen der Manschette (10), wenn der Druck, auf den die Manschette (10) aufgeblasen ist, unterhalb einer zweiten Druckgrenze liegt.

3. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckminderungseinrichtungen (16) ein normalerweise geschlossenes elektronisches Druckventil beinhalten.

4. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drucksteigerungseinrichtungen (14) eine elektrische Luftpumpe beinhalten.

5. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckmesseinrichtungen (18) einen elektrischen Druckumwandler (88) beinhalten.

6. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Druckgrenze 6 mmHg oberhalb des vorgewählten Druckes liegt und dass die zweite Druckgrenze 6 mmHg unterhalb des vorgewählten Druckes liegt.

7. Pneumatischer Apparat nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftpumpe zum Aufblasen der Manschette (10) auf die Erzeugung eines Druckes von nicht mehr als 500 mmHg eingerichtet ist.

8. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Manschette einen ersten Zugang zum Eintritt von Luft in die Manschette (10) und einen zweiten Zugang zum Austritt von Luft aus der Manschette (10) aufweist.

9. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Drucksteigerungseinrichtungen (14) und die Druckminderungseinrichtungen (16) mit dem ersten Zugang verbunden sind.

10. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckmesseinrichtungen (18) mit dem zweiten Zugang verbunden sind.

11. Pneumatischer Apparat nach einem der Ansprüche 2–10, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronischen Fühl- und Steuereinrichtungen Mittel zur wahlweisen Änderung des gewählten Druckes beinhalten.

12. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der gewählte Druck auf einen Bereich zwischen 0 mmHg und 400 mmHg begrenzt ist.

13. Pneumatischer Apparat nach einem der Ansprüche 2–12, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronischen Fühl- und Steuereinrichtungen weiter Mittel zur Wahl der Zeitdauer, während der die Manschette aufgeblasen bleiben soll, beinhalten.

14. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgewählte Zeitdauer auf ein Maximum von 180 Minuten begrenzt ist.

15. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine erste Alarmeinrichtung zur Erzeugung eines ersten Alarmsignals, wenn die Manschette (10) auf einen Druck oberhalb einer dritten Druckgrenze aufgeblasen ist.

16. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Druckgrenze um 15 mmHg oberhalb des vorgewählten Druckes liegt.

17. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zweite Alarmeinrichtung zur Erzeugung eines zweiten Alarmsignals, wenn die Manschette (10) einen Druck unterhalb einer vierten Druckgrenze aufweist.

18. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die vierte Druckgrenze 15 mmHg unterhalb des vorgewählten Druckes liegt.

19. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine dritte Alarmeinrichtung zur Erzeugung eines dritten Alarmsignals, wenn die Manschette für oder über eine vorbestimmte Zeit hinaus aufgeblasen ist.

20. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine vierte Alarmeinrichtung zur Erzeugung eines vierten Alarmsignals bei Unterbrechung der Netzversorgung für die Druckerhöhungseinrichtungen (14), die Druckminderungseinrichtungen (16), die Druckmesseinrichtungen (18) oder die Drucksteuer-

einrichtungen.

21. Pneumatischer Apparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Batterie zur Spannungsversorgung wenigstens der Druckmesseinrichtung (18) bei Unterbrechung der Netzversorgung.

22. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch eine fünfte Alarmeinrichtung zur Erzeugung eines fünften Alarmsignals, wenn die Ausgangsspannung der Batterie (74) unter einen vorbestimmten Schwellwert fällt.

23. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch einen Zeitkreis zur Messung der vorgewählten Zeitdauer.

24. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch Mittel zum Anstossen des Zeitkreises zur Feststellung der vorgewählten Zeitdauer, wenn die Manschette (10) auf einen Druck in die Nähe des vorgewählten Druckes aufgeblasen ist.

25. Pneumatischer Apparat nach Anspruch 24, gekennzeichnet durch eine dritte Alarmeinrichtung zur Erzeugung eines dritten Alarmsignals bei Feststellung einer Zeitdauer durch die Zeitkreise, die gleich oder grösser als die vorgewählte Zeitdauer ist.

60

Die Erfindung betrifft einen pneumatischen Apparat zum Abschnüren eines Gliedmasses. Konventionelle pneumatische Apparate der vorstehend genannten Art, nachfolgend mit «Tourniquet» bezeichnet, weisen üblicherweise eine aufblasbare Manschette, die um ein Gliedmass des Patienten herumgelegt wird, eine Druckluftquelle zum Aufblasen der

Manschette, ein Manometer zur Messung des Druckes in der Manschette und eine Vorrichtung zur Regulierung des Druckes auf. Üblicherweise wird die Manschette um das Gliedmass des Patienten gelegt und mit Druckluft bis zu 650 mmHg aufgeblasen, um den Blutfluss in das Gliedmass zu stoppen. Der Operateur hat auf diese Weise ein «blutleeres Arbeitsfeld», in dem der chirurgische Eingriff an dem Gliedmass durchgeführt werden kann. Das Manometer zeigt dem Operateur den Druck in der Manschette an. Die Einrichtung zur Regulierung des Druckes soll den Druck der Manschette relativ konstant halten.

Es wird geschätzt, dass ungefähr 10000 konventionelle pneumatische Tourniquets in ungefähr 1 Mio. chirurgischen Eingriffen jährlich in Nordamerika verwendet werden. Diese weite Verbreitung der Verwendung von pneumatischen (und nicht-pneumatischen) Tourniquets in der Chirurgie wurde leider begleitet von ständigen Berichten über Lähmungen von Gliedmassen, Beschädigungen von Nerven und anderen Verletzungen, die der Verwendung von Tourniquets zugerechnet werden. Ein Überblick über die Literatur zeigt an, dass derartige Komplikationen auf folgende vier Faktoren zurückgeführt werden können:

1. Exzessiven Manschettendruck (was zu einer Pressung der Nerven und anderen Beschädigungen an der Stelle der Manschette führen kann).
2. Unzureichender Manschettendruck (was zu einer passiven Congestion oder einer hemorrhagischen Infiltration des Nervs führen kann).
3. Exzessive Zeitdauer der Anwendung eines aufgeblasenen Tourniquets an dem Gliedmass.
4. Anwendung des Tourniquets ohne Berücksichtigung der Anatomie des jeweiligen Gliedmasses.

Viele der berichteten Fälle von vermeidbaren Nervenschädigungen, Lähmungen von Gliedmassen und anderen Verletzungen werden auf die oben angeführten Faktoren zurückgeführt, die meisten davon treten durch zu hohen Druck der Manschette auf (siehe: D. K. Wheeler und P. R. Lipscomb, A Safety Device for a Pneumatic Tourniquet, *J. Bone Joint Surg.*, 45A:870, 1964; W. K. Hamilton und M. D. Sokoll, Tourniquet Paralysis, *Journal of the American Medical Association*, 199:37, 1967; S. J. Prevotnik, Injury from Use of Pneumatic Tourniquets, *Anesthesiology*, 32:177, 1970; J. M. Bruner, Time, Pressure and Temperature Factors in the Safe Use of the Tourniquet, *Hand*, 2:39–42, 1970; D. Fry, Inaccurate Tourniquet Gauges, *Br. Med. J.*, 1:511, 1972; A. E. Flatt, Tourniquet Time in Hand Surgery, *Arch. Surg.*, 104:190–192, 1972; G. Burchell und G. Stack, Exsanguination of the Arm and Hand, *Hand*, 5:124–126, 1973). Leider kann die tatsächliche Häufigkeit von Komplikationen in der Chirurgie, die durch Tourniquets verursacht werden, nicht zuverlässig abgeschätzt werden, weil das «Tourniquet-Paralyse-Syndrom» (um einen Begriff von J. Moldaver, Tourniquet Paralysis Syndrome, *Arch. Surg.*, 68:136–144, 1954 zu gebrauchen) schwer festgestellt werden kann oder auch durch die Effekte der chirurgischen Massnahmen maskiert werden kann, weil die Beschädigung im allgemeinen zugänglich und zu einem grossen Ausmass reversibel ist und weil solche Unfälle nicht zuverlässig berichtet werden wegen der Möglichkeit einer juristischen Verantwortlichkeit. (Ein Krankenhaus wurde kürzlich wegen einer Nervenschädigung verurteilt, die ein Patient aufgrund eines exzessiven Drucks erlitten hatte, der auf den Arm durch ein Tourniquet aufgebracht worden war («Hospital Liable to Patient for Tourniquet Paralysis», *Citation*, 38:5, October 15, 1978).

Die Überprüfung konventioneller Tourniquets, die Verwendung gefunden hatten in Fällen, in denen mögliche Nervenverletzungen oder Lähmungen bei Überdruck der Manschette festgestellt worden waren, zeigt, dass die Tourni-

quets Fehlfunktionen in der Einrichtung zur Druckregulierung hatten, oder aber dass eine vorhandene Hysterese in der Einrichtung zur Druckregulierung einen Anstieg des Manschettendrucks von mehr als 150 bis 400 mmHg oberhalb des gewünschten Manschettendrucks, der typischerweise in dem Bereich zwischen 200 bis 650 mmHg liegt, erreicht. Es wurden auch Tourniquets gefunden, deren Anzeige um etwa 200 mmHg falsch war.

Es wurden Versuche zur Reduzierung der Verletzungen aufgrund von Manschettenüberdruck gemacht durch die Vorsehung von Sicherheitseinrichtungen in pneumatische Tourniquets, z. B. wurden Überdruckventile verwendet, wie sie sich in Drucktöpfen finden (s. dazu: Wheeler und Lipscomb (s. o.) und Hamilton und Sokoll (s. o.)). Die Technologie konventioneller pneumatischer Tourniquets scheinen jedoch die praktische Einführung von wirksamen Sicherheitseinrichtungen zu behindern. Eine genaue Bedienung, Kontrolle und Wartung der konventionellen Tourniquets kann die Möglichkeit von Über- oder Unterdruck minimieren und zur Aufdeckung von Fehlfunktionen der Geräte führen. Derartige Vorhaben sind jedoch arbeitsintensiv und können einen grossen Teil der verfügbaren Zeit der Operationschwester oder des Technikers erfordern.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines pneumatischen Apparates der eingangs genannten Art, der zur automatischen Messung und Regulierung des Manschettendrucks zur Beibehaltung eines Manschettendrucks in der Nähe eines vorgewählten Druckes (z. B. innerhalb etwa 6 mmHg bei einem Druck im Bereich zwischen 200 bis 400 mmHg) eingerichtet sein soll. Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe für den pneumatischen Apparat der eingangs genannten Art gelöst durch eine aufblasbare Manschette, Drucksteigerungseinrichtungen zum Aufblasen der Manschette, Druckminderungseinrichtungen zur Verringerung des Druckes in der Manschette, Druckmessen einrichtungen zur Erzeugung eines ersten Ausgangssignals zur Anzeige des Druckes, mit dem die Manschette aufgeblasen ist, und Drucksteuer einrichtungen in Abhängigkeit von dem ersten Ausgangssignal zur wahlweisen Aktivierung der Drucksteigerungseinrichtungen und der Druckminderungseinrichtungen zur Beibehaltung des Druckes, auf den die Manschette in dem Bereich eines vorgewählten Druckes aufgeblasen ist.

In vorteilhafter Weise kann der pneumatische Apparat nach der Erfindung mit automatischen Einrichtungen zur Feststellung eines Überdruckes in der Manschette und Auflösung eines geeigneten Alarms ausgerichtet sein. So kann z. B. ein Manschetten-Überdruck-Alarm durch ein Tonsignal ausgelöst werden, wenn der tatsächliche Druck in der Manschette den vorgewählten Druck um mehr als 15 mmHg übersteigt. Weiterhin ist vorzugsweise eine automatische Auslösung eines Alarmsignals bei einem Unterdruck, z. B. wenn der tatsächliche Manschettendruck um mehr als 15 mmHg unterhalb des vorgewählten Manschettendrucks liegt, vorgesehen.

Vorzugsweise soll mit dem Apparat nach der Erfindung ein Warnsignal erzeugt werden, wenn die Manschette für oder über eine vorgewählte Zeitdauer hinaus, die typischerweise zwischen 0 und 180 Minuten liegt, aufgeblasen ist. Auch nachfolgend wird der Apparat zum Abschnüren eines Gliedmasses, z. B. eines Blutgefässes in demselben, kurz mit «Tourniquet» bezeichnet.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung im einzelnen erläutert ist.

Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines bevorzugten Ausführungsbeispiels;

Fig. 2 eine bildliche Darstellung der Steuer/Anzeige-Tafel des bevorzugten Ausführungsbeispiels;

Fig. 3 ein Blockdiagramm der Spannungsversorgung für das bevorzugte Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 eine Blockdarstellung der elektronischen Schaltung der Spannungsversorgung, der Notfall-Batterie und der Batterie-Aufladung für das bevorzugte Ausführungsbeispiel;

Fig. 5A bis 5D eine Blockdarstellung eines elektrischen Schaltkreises für den Mikroprozessor und die entsprechende Schaltung, die das bevorzugte Ausführungsbeispiel steuert;

Fig. 5E zeigt die Verbindung der Abschnitte des Schaltkreises, die separat in den Fig. 5A bis 5D gezeigt werden;

Fig. 6A und 6B eine Blockdarstellung des elektronischen Schaltkreises für den Steuerungs/Anzeige-Schaltkreis des bevorzugten Ausführungsbeispiels;

Fig. 6C zeigt die Verbindung der Abschnitte der Schaltung, die in den Fig. 6A und 6B getrennt dargestellt sind, und

Fig. 7A bis 7G Flussdiagramme, die die Abfolge der Arbeitsschritte für die automatische Messung und die Steuerungskomponenten des bevorzugten Ausführungsbeispiels verdeutlichen.

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das die Arbeitsweise des bevorzugten Ausführungsbeispiels zeigt. Eine Manschette 10 eines aufblasbaren Tourniquets, die um ein Gliedmass eines Patienten gelegt werden kann, wird über einen Schlauch 12 mit einer Einrichtung zur Erhöhung des Drucks 14, wie etwa einer elektrischen Luftpumpe, verbunden. Der Schlauch 12 ist weiter mit einer Einrichtung zur Verringerung des Drucks 16, wie etwa einem normalerweise geschlossenen Ventil, das elektronisch geöffnet werden kann, zur Ablassung von Luft aus der Manschette 10, verbunden. Eine Einrichtung zur Messung des Drucks 18, wie etwa einem elektronischen Druckumwandler, ist über einen Schlauch 20 mit einem zweiten Zugang zu der Manschette 10 verbunden.

Die Einrichtung zur Erhöhung des Druckes 14, die Einrichtung zur Verringerung des Druckes 16 und die Einrichtung zur Messung des Druckes 18 sind elektronisch mit dem Mikroprozessor 22 verbunden, der einen zugehörigen Speicher 24 hat.

Eine Steuertafel 26 ist zur Ermöglichung der Wahl der verschiedenen Arbeitsparameter vorgesehen. Der Verwender kann z. B. mit Hilfe der Steuertafel 26 einen vorgewählten Druck wählen, auf den die Manschette 10 aufgeblasen wird sowie die Zeitdauer, während der die Manschette 10 auf oder in der Nähe des vorgewählten Druckes bleiben soll.

Die Einrichtung zur Messung des Druckes 18 erzeugt ein erstes Ausgangssignal, das den Druck in der Manschette darstellt. Der Mikroprozessor 22 ist (wie nachfolgend beschrieben) daraufhin programmiert, das erste Ausgangssignal zu vergleichen mit einem Signal, das den vorgewählten Manschettendruck darstellt und entweder die Einrichtung zur Verminderung des Druckes 16 (wenn der Manschettendruck eine «erste» Druckgrenze übersteigt) oder aber die Einrichtung zur Erhöhung des Druckes 14 (wenn der Manschettendruck unter eine «zweite» Druckgrenze fällt) zu aktivieren, damit der Druck in der Manschette 10 in der Nähe des vorgewählten Druckes bleibt. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt die erste Druckgrenze etwa um 6 mmHg oberhalb des vorgewählten Druckes und die zweite Druckgrenze liegt ungefähr um 6 mmHg unterhalb des vorgewählten Druckes. Der Mikroprozessor 22 ist weiter so programmiert, dass er die Zeitdauer des Aufblasens der Manschette überwacht.

Eine Reihe von Alarm/Status-Anzeigern 28 versorgen den Arzt mit Informationen bezüglich des Zustandes des pneumatischen Tourniquets und zwar sowohl durch sichtbare, als auch durch hörbare Alarme, um den Arzt bei gefährli-

chen Bedingungen zu warnen, wie bei Über- oder Unterdruck der Manschette. Die sichtbaren und hörbaren Alarm-signale werden auch ausgelöst, wenn die Manschette 10 für oder über eine vorgewählte Zeit hinaus aufgeblasen ist. Der Arzt wird mit einer digitalen Anzeige des jeweiligen Manschettendrucks über die Manschettendruck-Anzeige 38 und über die vergangene Zeit, für die die Manschette 10 aufgeblasen war, über die Zeit-Anzeige 40 versorgt.

Die bevorzugte Ausführungsform wird zuerst aus der Sicht eines typischen Verwenders, wie einer Operationschwester oder eines Technikers, beschrieben. Danach wird eine technische Beschreibung der Konstruktion und der Arbeitsweise der bevorzugten Ausführungsform vorgenommen, gefolgt von einer Darstellung der software-Programmierung für den Mikroprozessor, wie er in der bevorzugten Ausführungsform verwendet wird.

Fig. 2 zeigt eine Steuer/Anzeige-Tafel für das pneumatische Tourniquet. Ein (nicht gezeigter) Stecker für die Netzspannung wird mit einer Steckdose verbunden, ein Ein-Ausschalter 34 wird auf «Ein» geschaltet, um das pneumatische Tourniquet zu aktivieren. Wenn der Ein-Ausschalter 34 eingeschaltet ist, stellt sich das pneumatische Tourniquet automatisch auf «Selbsttest» ein, was durch das Aufleuchten einer Lampe 36 angezeigt wird. Der Selbsttest ermöglicht die Kontrolle, dass die Einrichtung zuverlässig arbeitet.

Bei Selbsttest zeigen die Manschettendruck-Anzeige 38 und die Zeit-Anzeige 40 (die jeweils durch ein dreistelliges sieben-Segment LED-Element dargestellt werden) jeweils die Ziffern «888», so dass der Beobachter feststellen kann, dass alle Segmente der Anzeige arbeiten. Weiter ertönt ein hörbares Alarmsignal (in Fig. 2 nicht gezeigt), so dass festgestellt werden kann, dass das Gerät zuverlässig arbeitet.

Anschliessend soll das Gerät von der Netzspannung entfernt werden, damit festgestellt wird, ob die Netzausfall-Lampe 58 dadurch erleuchtet wird. Anschliessend wird der Stecker wieder verbunden, woraufhin die Netzausfall-Lampe 58 erlöschen sollte.

Nachdem festgestellt wurde, dass die Anzeigen 38 und 40, die Netzausfall-Lampe 58 und der hörbare Alarm richtig arbeiten, kann der Schalter 42 für einen Moment in die «Rückstell» Position betätigt werden, damit der Selbsttest beendet wird und die «normale» Arbeitsweise erreicht wird (der Schalter 42 bleibt normalerweise in der «Ein»-Position, wie sie in Fig. 2 gezeigt wird). Wenn die normale Arbeitsweise erreicht ist, erlischt die Lampe 36 und die Anzeigelampe 44 leuchtet.

Zunächst wird der Druck gewählt, auf den die Manschette 10 aufgeblasen werden soll, sowie die gewünschte Zeitdauer.

Um den Manschettendruck zu wählen, wird der Schalter 46 in die «Einstell»-Position betätigt, wie sie in Fig. 2 gezeigt wird. Ein vorgewählter Nominaldruck von 200 mmHg erscheint auf der Manschettendruck-Anzeige 38. Bei weiterem Niederdrücken des Schalters 46 kann der gewünschte Manschettendruck über oder unter den Nominaldruck von 200 mmHg durch Einstellung des Schalters 48 in die Position «Steigerung» (wenn ein vorgewählter Druck von mehr als 200 mmHg gewünscht wird) oder in die Position «Verminderung» (wenn ein vorgewählter Druck von weniger als 200 mmHg gewünscht wird) eingestellt werden. Wenn der Schalter 48 in der Position «Steigerung» ist, wird er in der Anzeige 38 erscheinende Druck schrittweise auf ein Maximum von 400 mmHg steigen. Wenn der Schalter 48 in der Position «Verminderung» ist, wird der in der Anzeige 38 erscheinende Druck schrittweise auf ein Minimum von 0 mmHg abfallen. Wenn der gewünschte Manschettendruck in der Anzeige 38 erscheint, wird der Schalter 46 freigegeben. Es ist zu beachten, dass zwei verschiedene Schalter betätigt

werden müssen, um den Manschettendruck zu wählen. Dies ist eine Sicherheitseinrichtung, die eine unerwünschte Änderung des vorgewählten Manschettendrucks verhindern soll. Wenn der Schalter 46 freigegeben ist, geht dieser in die Position «Messung», die Anzeige 38 stellt dann eine kontinuierliche digitale Anzeige des Druckes dar, auf den die Manschette 10 aufgeblasen ist (zu Beginn wird diese «0» sein).

In ähnlicher Weise wird die Zeitdauer der Aufblasung der Manschette gewählt. Der Schalter 50 wird in die Position «Setzung» niedergedrückt (Fig. 2) es erscheint eine vorgewählte nominale Zeitdauer von 60 Min. in der Zeitanzeige 40. Bei weiterem Niederdrücken des Schalters 50 kann die Zeitdauer verkürzt oder verlängert werden in Bezug auf die nominellen 60 Min., in dem der Schalter 52 in die Position «Steigerung» bewegt wird (wenn eine Zeitdauer der Aufblasung der Manschette von mehr als 60 Min. gewünscht wird) oder in die Position «Verminderung» gebracht wird (wenn eine Zeitdauer der Aufblasung der Manschette von weniger als 60 Min. gewünscht wird). Dabei wird die auf der Zeitanzeige 40 dargestellte Zeit in Minuten schrittweise ansteigen (bis auf ein Maximum von 180 Min.) oder abfallen (bis auf ein Minimum von 0 Min.). Wenn die gewünschte Zeitdauer in der Anzeige 40 erscheint, werden die Schalter 50 und 52 freigegeben. Auch hier sind wieder aus Sicherheitsgründen zwei getrennte Schalter zur Setzung der Zeitdauer der Aufblasung der Manschette vorgesehen, um eine unerwünschte Änderung zu vermeiden. Wenn der Schalter 50 freigegeben wird, geht er wieder in die Position «Dauer» und die Anzeige 40 zeigt eine kontinuierliche digitale Anzeige der Zeitdauer, für die die Manschette 10 auf einem Druck auf oder in der Nähe des vorgewählten Druckes ist (zu Beginn wird eine Zeitdauer von «0» angezeigt).

Das Gliedmass des Patienten wird vorbereitet und die Manschette 10 darauf nach den üblichen medizinischen Verfahren aufgebracht.

Ein Schlauch 12 verbindet einen Lufteinlass der Manschette 10 mit der Einrichtung zur Erhöhung des Druckes 14 und mit der Einrichtung zur Verminderung des Druckes 16 über einen in Fig. 2 gezeigten Anschluss 54. Ein Schlauch 20 verbindet einen Luftauslass der Manschette 10 mit der Einrichtung zur Messung des Druckes 18 über einen Anschluss 56 (Fig. 2). (Vorzugsweise werden getrennte Schläuche zur Hin- und zur Rückführung zu und von der Manschette 10 verwendet. Eine derartige «Doppel-Schlauch»-Manschette kann die Entdeckung einer Abknickung oder einer Verstopfung in den Schläuchen erleichtern. Wenn jedoch eine übliche Manschette mit nur einem Anschluss verwendet werden muss, sollte ein geeigneter Y-förmiger Adapter verwendet werden, um den einen Schlauch der Manschette mit den Anschlüssen 54 und 56 zu verbinden).

Wenn der Manschettendruck und die Zeitdauer für die Aufblasung der Manschette gewählt ist, wird der Schalter 60 kurzzeitig niedergedrückt in die «Start»-Position, wodurch die Einrichtung zur Erhöhung des Druckes 14 aktiviert wird und die Manschette 10 aufbläst. Die jeweiligen Werte des Manschettendrucks in mmHg erscheinen in der Anzeige 38. Sowie die Manschette 10 bis auf 6 mmHg des vorgewählten Manschettendrucks aufgeblasen ist, wird automatisch eine Uhr angestossen, die die Zeitdauer misst, über die die Manschette aufgeblasen ist; die jeweiligen Werte der verstrichenen Zeit (in Minuten) erscheinen auf der Anzeige 40. Die Vorrichtung reguliert automatisch den Manschettendruck (dies wird unten beschrieben) auf einen Bereich um etwa 6 mmHg des vorgewählten Manschettendrucks.

Um die Luft aus der Manschette 10 nach Beendigung des medizinischen Eingriffs abzulassen, werden die Schalter 46 und 48 benutzt, indem der vorgesehene Manschettendruck auf 0 eingestellt wird. Die Luft entweicht dann aus der Man-

schette 10, sobald der Schalter 46 gelöst wird. Sowie die Luft aus der Manschette 10 entwichen ist, sollte der Schalter 34 in die «Ein» Position gebracht werden und die Manschette 10 von dem Patienten entfernt werden.

Fünf getrennte Alarme sind vorgesehen, von denen jeder bei dem normalen Betrieb ausgelöst werden kann, um vor möglicherweise gefährlichen Bedingungen zu warnen.

Ein erster Alarm wird ausgelöst, wenn der Manschettendruck eine dritte Druckgrenze übersteigt, die, in der bevorzugten Ausführungsform, um 15 mmHg über dem vorgewählten Druck liegt. Ein zweiter Alarm wird ausgelöst, wenn der Manschettendruck unter eine vierte Druckgrenze sinkt, die, in der bevorzugten Ausführungsform, um 15 mmHg unterhalb des gewählten Druckes liegt. In jedem dieser Fälle wird ein hörbares Alarmsignal ausgesendet und die Anzeige 38 blinkt, damit die Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals auf den Über- oder Unterdruck, der in der Anzeige 38 dargestellt wird, gelenkt wird. Das Tonsignal kann zeitweise durch Niederdrücken des Schalters 42 auf die «Rückstell»-Position inaktiviert werden. Dadurch wird das Tonsignal für 30 Sek. inaktiviert, während die Anzeige 38 weiterhin blinkt.

Wenn entweder der erste oder der zweite Alarm ausgelöst werden, soll das Bedienungspersonal die Schläuche 12 und 20 auf Abknickungen oder Verschlüsse prüfen, die den freien Durchgang der komprimierten Luft zu oder von der Manschette 10 verhindert. Weiter sollen die Manschette 10, die Schläuche 12 und 20 und die verschiedenen Verbindungen auf Beschädigungen und Lecks geprüft werden. Beide Alarme werden automatisch inaktiviert, wenn der Zustand, der den Alarm ausgelöst hat, beseitigt ist.

Ein dritter Alarm wird ausgelöst, wenn die Manschette 10 für oder über die vorgewählte Zeitdauer aufgeblasen bleibt. Wenn der dritte Alarm ausgelöst wird, ertönt ein hörbares Alarmsignal und die Anzeige 14 blinkt, damit die Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals auf das Überschreiten der Zeitdauer der Aufblasung der Manschette gelenkt wird. Automatisch erfolgt kein Ablassen der Luft aus der Manschette 10. Zur Inaktivierung des Zeitalarms um einen Arbeitsschritt zu vollenden, kann vom Bedienungspersonal die Zeitdauer für das Aufblasen der Manschette auf einen neuen Wert bis auf ein Maximum von 180 Min. vom Beginn der Zählung eingestellt werden. Der Zeitalarm kann vorübergehend inaktiviert werden durch Drücken des Schalters 42 in die «Rückstell»-Position. Dadurch wird der hörbare Alarm für 30 Sek. inaktiviert, während das Display 40 weiterhin blinkt.

Ein vierter «Netzausfall»-Alarm wird bei Unterbrechung der externen Wechselspannungsvorsorgung, die die Vorrichtung versorgt, ausgelöst. Wenn die Spannungsversorgung unterbrochen wird, ertönt ein hörbares Alarmsignal und die Netzausfall-Lampe 58 leuchtet auf. In diesem Fall wird eine interne Batterie automatisch verwendet, wodurch zumindest die Einrichtung zur Messung des Druckes 18 und der elektronische Schaltkreis versorgt werden, sodass das Bedienungspersonal weiterhin den Druck der Manschette und die verstrichene Zeit beobachten können. Der «Netzausfall»-Alarm wird automatisch inaktiviert bei Wiederherstellung der Spannungsversorgung. Auch das hörbare Alarmsignal, das den Ausfall der Netzversorgung anzeigt, kann vorübergehend für 30 Sek. durch Niederdrücken des Schalters 42 auf die Rückstell-Position inaktiviert werden.

Ein fünftes «Batterie»-Alarmsignal wird ausgelöst mit einem hörbaren Ton und Erleuchten der Lampe 62, wenn die Spannung einer internen Notfallbatterie unter einen vorbestimmten Wert, der in der bevorzugten Ausführungsform 10,2 Volt beträgt, fällt, wodurch angezeigt wird, dass die Batterie die Vorrichtung nur noch für eine kurze Zeitdauer versorgen kann. Bei Auslösen dieses Alarmsignals sollte die

Vorrichtung sofort an eine elektrische Spannungsquelle angeschlossen werden, damit die Batterie wieder aufgeladen wird. Das Batterie-Alarmsignal wird automatisch inaktiviert, wenn die Batterie wieder aufgeladen ist.

Fig. 3 zeigt das Netzgerät, die Notfall-Batterie und das Batterie-Aufladegerät in Form eines Blockdiagramms. Das Netzgerät wandelt eine angelegte Netzspannung in Gleichspannungen von +13,8 Volt (bzw. bei Verwendung der Notfall-Batterie unregelmäßige 12 Volt), +5 Volt, +15 Volt und -15 Volt, um.

Die Batterie 74 ist eine verschlossene Blei-Säurebatterie, sie leistet 5 Amperestunden bei 12 Volt. Ein Auflade-Schaltkreis 76 ist vorgesehen, um die Spannung zwischen den Anschlüssen der Batterie auf etwa 13,8 Volt zu halten, wenn das Gerät mit der Netzspannung versorgt ist.

Fig. 4 zeigt ein elektrisches Schaltbild des Netzgerätes, der Notfall-Batterie und des Batterieauflade-Schaltkreises.

Ein Transformator T1 wandelt die Netzspannung auf 16 Volt herab, diese wird dann durch einen Brücken-Gleichrichter D1 gleichgerichtet. Ein Spannungsregler U1 und ein Transistor Q1 regeln die Spannung auf 13,8 Volt zur Aufbringung auf die Anschlüsse der Batterie 74. Ein Transistor Q2 begrenzt den auf die Batterie 74 aufgebrachten Strom auf etwa 3 Ampere, damit eine Überladung der Batterie verhindert wird. Eine Diode D2 verhindert, dass Strom in den Spannungsregler U1 zurückfließt. Ein variabler Widerstand R1 wird verwendet, um die Spannung an den Anschlüssen der Batterie 74 auf 13,8 Volt anzuschließen, wenn Netzspannung an den Eingängen des Transformators T1 anliegt. Eine Ladespannung der Batterie von 13,8 Volt ermöglicht es, jede der Zellen der Batterie 74 bei einer konstanten Spannung von 2,3 Volt zu laden. Eine auf 13,8 Volt geregelte Spannungsquelle ist so bei Anschluss 1 des Steckers P2 verfügbar, wenn an den Eingängen des Transformators T1 Netzspannung anliegt. Fehlt die Netzspannung, liegt dagegen +12 Volt unregelmäßige Spannung (aus der Batterie 74) an dem Anschluss 1 des Steckers P2. Der Anschluss P1 des Steckers P2 ist mit dem Anschluss 4 des Steckers P2 für eine Spannungsversorgung der anderen Teile des Stromkreises 64 des Netzspannungsgerätes verbunden.

Eine Schaltsteuerung U2 bewirkt eine sehr effiziente Runterregelung der +13,8 Volt (bzw. +12 Volt) Versorgungsspannung auf +5 Volt. Das +5 Volt-Signal wird verwendet, um den Mikroprozessor 22 und seine zugehörigen Speicher sowie den Analog/Digital-Wandler, den Zeitkreis, die Treiber für die Anzeigeeinheiten, die Relais, die Anzeigelampen und die Einrichtung zur Erzeugung des hörbaren Alarmsignales (alle diese Einheiten werden im Folgenden beschrieben) zu versorgen.

Ein Oszillator U3 und die Transistoren Q4, Q5 und Q6 treiben einen Ringkerntransformator-Wandler auf 20 kHz. Der Sekundärausgang des Wandlers T2 wird gleichgerichtet und auf +15 Volt und -15 Volt durch die Spannungsregler U4 bzw. U5 eingestellt. Die +15 Volt und -15 Volt-Spannungen werden verwendet, um die Einrichtung zur Erhöhung des Druckes 18 mit dem zugehörigen, im Folgenden beschriebenen Schaltkreis, zu versorgen.

Ein Vierfach-Operationsverstärker U6 wird als Spannungskomparator betrieben, um die Signale «Batterie schwach», «Netzausfall» und «Batterie leer» zu erzeugen. Eine temperaturkompensierte, hochpräzise Referenz-Diode D3 schafft eine Spannungsreferenz für die Spannungskomparatoren.

Ein variabler Widerstand R2 ist so eingestellt, dass das Treibersignal, das durch den Spannungskomparator U6A an den Darlington-Transistor Q3 angelegt ist, abgeschaltet wird, wenn die Spannung an den Ausgängen der Batterie 74 unter den Schwellwert von 10,2 Volt fällt. Der Transistor Q3

trennt so die Batterie 74, damit diese vor der vollständigen Entladung geschützt wird. Ein Widerstand R4 sorgt für eine kleine Hysterese, damit ein Arbeiten des Transistors in seinem linearen Bereich vermieden wird.

Ein variabler Widerstand R3 wird so eingestellt, dass ein Spannungskomparator U6B ein Ausgangssignal «Batterie schwach» erzeugt, wenn die Spannung zwischen den Anschlüssen der Batterie 74 unter einen Schwellwert von 11,4 Volt sinkt. Dieses Signal wird verwendet, um die Anzeigelampe 62, die in Fig. 2 gezeigt wird, zu betreiben.

Die Spannungskomparatoren U6C und U6D werden verwendet, um das Fehlen der Netzspannung festzustellen und die Anzeigelampe «Netzausfall», die Fig. 2 gezeigt wird, zu versorgen und um ein Signal in TTL-Logik zu schaffen, das geeignet ist zur Eingabe in den im Nachfolgenden beschriebenen Mikroprozessor.

Die folgende Stückliste gibt Einzelheiten der für das Netzgerät, das in Fig. 4 gezeigt, verwendeten Komponenten an. Alle Widerstände und Kapazitäten, die unten nicht aufgeführt werden, sind übliche Bauteile mit Werten, wie sie auf dem Schaltbild angegeben sind.

Gegenstand	Bezeichnung	Menge
25 Unterbrecher	Potter & Brumfield 37-401-101	1
D ₁	Motorola MDA-970-21	1
Batterie	Gates 2V, 5A-h, 0800-0004	6
30 D ₂	Motorola 1N5402	1
Q ₁ , Q ₂	Motorola MJE2955	2
Q ₃	Motorola TIP 126	1
Q ₄ , Q ₅ , Q ₆	Motorola 3	
35 2N3904		
Q ₇	Motorola 2N4123	1
T ₁	Hammond 166M16	1
T ₂	Toroid, 7/8" OD, 50T/26OT, #26 AWG	1
40 U ₁	Fairchild uA78G	1
U ₂	Fairchild SH1605	1
U ₃	Motorola MC1455	1
U ₄	Motorola 78L15	1
U ₅	Motorola 79L15	1
45 U ₆	National LM324	1
D ₃	National LM113H	1

In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die Einrichtung zur Erhöhung des Druckes 14 eine Luftpumpe vom Typ WISA 300 auf. Diese ist ein Solenoid/Membran-Druck-Generator, der etwa 5 Watt verbraucht. Die Pumpe ist geeignet, um einen Maximaldruck von ungefähr 500 mmHg zu erzeugen. Dies ist eine Sicherheit, da vorgeschlagen wurde, dass ein Manschettendruck von nicht mehr als 400 mmHg ausreichend sein sollte, um ein blutleeres Operationsfeld zu erreichen (siehe: L. Klenerman und G. H. Hulans, Tourniquet Pressures for the Lower Limb, J. Bone Joint Surg., 61B:124, 1979; und, R. Sanders, The Tourniquet: Instrument or Weapon? Hand, 5:119-123, 1973). Die Betätigung der Einrichtung zur Erhöhung des Druckes 14 durch den Mikroprozessor wird unten beschrieben.

Ein (nicht gezeigtes) normalerweise geschlossenes Clip-pard EV-3 Ventil ist in den Schlauch 12 zwischen die Pumpe und die Manschette 10 eingebracht, um die Membran der Pumpe vor einer Beschädigung zu schützen, die durch den Luftdruck in dem Schlauch 12 verursacht werden kann. Bei Betätigung der Pumpe wird das Ventil elektronisch zur Verbindung der Pumpe mit der Manschette 10 betätigt, so dass

komprimierte Luft die Manschette 10 erreichen kann. Wenn die Pumpe inaktiviert wird, verschliesst das Ventil 10 den Schlauch 12 (so wird verhindert, dass die Luft aus der Manschette 10 entweicht), weiter wird der Ausgang der Pumpe mit dem Freien verbunden (dadurch wird jeder restliche Druck von der Membran der Pumpe genommen).

In der bevorzugten Ausführungsform weist die Einrichtung zur Verminderung des Druckes 16 ein elektrisch gesteuertes Clippard EVU-3-12 Ventil auf. Dieses ist normalerweise offen, das Drei-Weg-Ventil weist eine Ventilöffnung von 0,25 cm, einen Druckbereich von $0 - 723,24 \cdot 10^3$ Pa ($0 - 7,38$ Kg/cm²) und eine Durchflussmenge von 235 cm³/sec. auf.

Ein +12-Volt Gleichspannungssignal wird verwendet, um das Ventil zu betätigen, das ungefähr 0,65 Watt verbraucht. Die Betätigung der Mittel zur Verminderung des Druckes 16 durch den Mikroprozessor wird unten beschrieben.

In der bevorzugten Ausführungsform weist das Mittel zur Druckmessung 18 einen National Semiconductor LX1702GN elektrischen Druckumwandler 88 (Fig. 6) auf. Die Manschette 10 wird über einen Schlauch 20 und den Anschluss 56 (Fig. 2) mit dem Eingang des Druckumwandlers 88 verbunden. Der Druckumwandler 88 erzeugt eine Ausgangsspannung in dem Bereich zwischen 2,5 – 12,5 Volt, der einem Druck von 0 – 67 mmHg entspricht. Operationsverstärker 90, 92, 94 (National Semiconductor LM324A) verschieben und skalieren die Ausgangsspannung des Wandlers in den Bereich von 0 – 5 Volt für einen Analog/Digital-Wandler 84, der in Fig. 5 gezeigt ist.

Zur Verdeutlichung der Darstellung werden der Mikroprozessor und der zugehörige Digital-Schaltkreis getrennt in den Fig. 5A bis 5D gezeigt. Fig. 5E zeigt die Art und Weise, in der die Schaltkreiselemente in den Fig. 5A bis 5D verbunden sind. Im folgenden werden die Fig. 5A bis 5D zusammen als «Fig. 5» bezeichnet.

Der Steuer/Anzeige-Schaltkreis wird in zwei getrennten Fig. 6A und 6B gezeigt. Fig. 6C zeigt die Art und Weise in der die Schaltkreiselemente der Fig. 6A und 6B miteinander verbunden sind. Im folgenden werden die Fig. 6A und 6B zusammen als «Fig. 6» bezeichnet.

Die Ausgangsspannung des Druckumwandlers 88 sollte geeicht werden, nachdem das Gerät etwa 5 Min. in der Stellung «normal» betrieben worden ist. Bei einem Manschetendruck von 0 mmHg (der durch Lösung der Verbindung der Schläuche 12 und 20 von der Manschette 10 erreicht wird) wird der Widerstand R5 so eingestellt, dass die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers 92 in dem Bereich zwischen 0,010 Volt und 0,000 Volt liegt. Der Manschetendruck sollte dann auf 300 mmHg erhöht werden (unter Verwendung eines T-Adapters zur Verbindung des Druckumwandlers 88 mit einer externen Druckquelle und eines Manometers mit einem Fehler von weniger als 1%), der variable Widerstand R6 wird dann so eingestellt, dass der Ausgang des Operationsverstärkers in einem Bereich zwischen 1,840 und 1,860 Volt liegt.

Der Mikroprozessor, der den Manschetendruck reguliert, die Anzeigeeinrichtungen betreibt, usw., ist ein intel 8085A Mikroprozessor, 78(Fig. 5). Zwei TNS 2516 2K·8 bit elektrisch programmierbare Festwertspeicher («EPROM») integrierte Schaltkreise 82A und 82B (Fig. 5) speichern die logischen Programme, die die Abfolge der Operationen angeben, durch die der Mikroprozessor 78 das pneumatische Tourniquet steuert. Zwei Speicher mit wahlfreiem Zugriff («RAM»), (intel 8155) 80A und 80B (Fig. 5) beinhalten 256 Bytes eines 8 bit Zwischenspeichers, in denen flüchtige Daten gespeichert werden. Die Festwertspeicher 82A und 82B beinhalten die Speicheradressen 0000 bis 07FF (Hexadezi-

mal) bzw. 0800 bis 0FFF. Die Speicher 80A und 80B beinhalten Speicheradressen 2700 bis 27FF bzw 2800 bis 28FF.

Die Leitungen AD0 bis AD7 werden verwendet, um Daten im 8 bit-Format zwischen dem Mikroprozessor 78, den Speichern 80A und 80B, den Festwertspeicher 82A und 82B, dem Display-Interface (das, wie im nachfolgenden beschrieben wird, die Formatierung der Druck- und Zeitinformation, die in den Anzeigen 38 und 40 erscheint, steuert) und dem Zeitkreis 86 (der die verstrichene Zeit vermerkt) übertragen. Zur Vereinfachung der Datenübertragung zu und von dem Mikroprozessor 78, sind das Display-Interface 96 und der Schaltkreis 86 willkürlich so definiert, dass sie die Speicheradressen 3000 bis 37FF bzw. 3800 bis 3FFF beinhalten, obwohl sie keine Speicher in dem übliche Sinne sind.

Die Adresseninformation des Mikroprozessors 78 auf den Leitungen A11 bis A15 ist ausreichend, um eine Adresse in dem Bereich der Adressen, die durch einen der Festwertspeicher 82A, B und der Speicher 80A, B, des Display-Interface 96 oder des Zeitkreises 86 vorliegen, zu bestimmen. Ein integrierter Schaltkreis 100 «Chip-Wahl» ist mit den Adressierungsleitungen A11 bis A15 verbunden. Durch Dekodierung der Information auf diesen Leitungen kann das IC 100 bestimmen, welches der Speicher 80A, B, der Festwertspeicher 82A, B, das Display-Interface 96 oder Schaltkreis 86 durch den Mikroprozessor 78 adressiert werden soll. Die Ausgangsleitungen CS 0, CS 1, CS 4, CS 5, CS 6 und CS 7 des integrierten Schaltkreises 100 werden verwendet, um eines der Festwertspeicher 82A, 82B, Speicher 80A, 80B, Display-Interface 96 oder Zeitkreis 86 freizugeben.

Ein National Semiconductor 74LS139 1 aus 4 Doppeldecoder 102 erzeugt zusätzliche Zeitbefehle zur Adressierung eines der Festwertspeicher 82A oder 82B. Ein Demultiplexer 98, ein Intel 8212 8-bit IC, demultiplext die Daten auf den Leitungen AD 0 bis AD 7 zur Heranführung entweder an den Festwertspeicher 82A oder den Festwertspeicher 82B. Die skalierte 0 bis 5 Volt Ausgangsspannung des Druckumwandlers 88 wird dem Analog/Digital-Wandler 84 an dessen Eingangsanschluss «INO» angelegt. Der Mikroprozessor 78 wird wie im folgenden beschrieben programmiert zur Schaffung geeigneter Signale an den Anschlüssen «Start» und «ALE» des Analog/Digital-Wandlers 84, damit eine Umwandlung des Ausgangssignals des Druckumwandlers von der analogen in die digitale Form erreicht wird. Das digitale 8 bit Ergebnis wird von dem Analog/Digital-Wandler 84 zu dem Eingang «A» des Speichers 80A zur Speicherung in dem RAM führt.

Die Signale, die von den Schaltern 46, 48, 50, 52 und 56 auf der Steuertafel erzeugt werden über Stecker J5/J6 (Fig. 6 und 7) an den Eingang «B» des Speichers 80A zur Speicherung in den RAM geführt. Der Anschluss «B» des Speichers 80A ist so ausgelegt, dass er die Signale wie folgt erkennt:

Eingangsleitung des RAM 80A	Signal
55 PB0	Schalter 50 Zeit «Dauer» oder «setzen»
PB1	Schalter 52
PB2	Zeit «steigern» oder «vermindern» (2 bits)
60 PB3	Schalter 46 Druck «messen» oder «setzen»
PB4	Schalter 48 Druck «steigern» oder «vermindern»
65 PB6	nicht verwendet
PB7	Schalter 60 «aufblasen».

Der Anschluss «C» des Speichers 80A weist eine einzige Leitung PC 0 auf, die das Signal «Netzausfall» in TTL-Logik trägt, das in dem Netzgerät erzeugt wird.

Der Speicher 80B speichert die Information zur Auslösung der verschiedenen Alarme und zur Aktivierung der Mittel zur Erhöhung des Druckes 14 und zur Verminderung des Druckes 16. Der Anschluss «A» des Speichers 80B ist zur Tragung folgender Signale ausgelegt:

Ausgang des RAM 80B	Signal
PA0	Auslösung des Alarmtones
PA1	Auslösung des Zeitalarms
PA2	Auslösung des Druckalarms (Über- oder Unterdruck)
PA3	nicht verwendet
PA4	Aktivierungssignal für das Mittel zur Erhöhung des Druckes 14
PA5	Aktivierungssignal für das Mittel zur Verminderung des Druckes 16
PA6	Freigabe des Zeitkreises
PA7	nicht verwendet.

Der Anschluss «B» des Speichers 80B ist zur Tragung der folgenden Signale eingerichtet:

Ausgangsleitung des RAM 80B	Signal
PBB0	Statussignal bei normalem Betrieb
PBB1	Statussignal bei Selbsttest
PBB2-PBB7	nicht verwendet.

Das Display-Interface 96 ist ein Intel 8279 Display/Tastatur-Interface-Steuer-IC, das die Formatierung der Information, die in den Displays 38 und 40 erscheint, besorgt. Der Mikroprozessor 78 wandelt die Information des Druckes und der Zeit, die angezeigt werden sollen, in das BCD-Format um, diese werden zu dem Display-Interface 96 übergeführt, wenn die an den Leitungen A11 bis A15 des Mikroprozessors anliegenden Adressen zu einer Freigabe des Display-Interfaces 96 durch das IC 100 führen. Die BCD-Digits, die den Druck darstellen, werden auf den Leitungen 0A0 bis 0A3 von dem Display-Interface 96 über den Stecker J5/J6 zu einem National Semiconductor DS8858WCD zu 7-Segment Decoder/Treiber 104 (Fig. 6) geführt, der die decodierte 7-Segment Information zu dem Display 38 führt. Die BCD-Digits, die die Zeit darstellen, werden in ähnlicher Weise aus den Leitungen 0B0 bis 0B3 von dem Display-Interface 96 zu dem Display 40 über einen zweiten Decoder/Treiber 105 geführt. Das Display-Interface 96 erzeugt auch ein geeignetes 3-bit Signal auf den Leitungen S0 bis S2 zur Bestimmung, welche der sechs einzelnen Display-Digits der Displays 38 und 40 aktiviert werden sollen. Die S0 bis S2 Signale laufen durch ein National Semiconductor DS8863 hex-Inventierungspuffer 106 (Fig. 6), der Sickerströme von den Displays absorbiert.

Wie oben erwähnt, werden die Anzeigen der Zeit und des Druckes zum Blinken veranlasst, wenn der Druck- oder der Zeitalarm ausgelöst werden. Wie in Fig. 6 angegeben, wird ein Tor 108 (eine Hälfte eines Nations Semiconductors

74LS32) benutzt, um die Auslösung der Zeit- und Druckalarmsignale, die an den Leitungen PA1 bzw. PA2 des Speichers 80D erscheinen, mit einem 3 Hz clocksignal zu schalten, das an den Blinkingang der Decoder/Treiber 104 und 105 angelegt wird, um das jeweilige Display bei Auslösung des Alarms zum Blinken veranlassen.

Die Statussignale für die Betriebsweisen «normal» oder «Selbsttest» erscheinen auf den Leitungen PBB0 bzw. PBB1 des Speichers 80B und sind über die Stecker J5/J6 mit den Anzeigelampen 44 bzw. 36 über einen National Semiconductor 75451 periferen Interface-Treiber 110 (Fig. 6) verbunden. Das Trägersignal für den Tonalarm erscheint auf der Leitung PA0 des Speichers 80B und ist über die Stecker J5/J6 verbunden mit dem Tonalarmgeber 70 über einen ähnlichen periferen Interface-Treiber 112 (Fig. 6). Der Schalter 42 wird direkt mit einer der «Unterbrechung»-Leitungen des Mikroprozessors 78 verbunden. Wenn der Schalter 42 niedergedrückt wird, wird ein Interrupt erzeugt, was den Mikroprozessor 78 veranlasst, (wie unten beschrieben) die Steuerung auf ein Programm zur zeitweisen Inaktivierung des Tonalarmgebers 70 zu übertragen.

Die Aktivierungssignale für das Mittel zur Erhöhung des Druckes 14 und das Mittel zur Verminderung des Druckes 16, die an den Leitungen PA4 bzw. PA5 des Speichers 80B erscheinen, sind über Stecker J5/J6 über einen dritten periferen Interface-Treiber 114 verbunden (Fig. 6). Das Aktivierungssignal auf Leitung 114 wird verwendet, um das Relais 115 freizugeben, das, wiederum, die Netzspannung mit dem Mittel zur Erhöhung des Druckes 14 verbindet.

Ein 6,144 MHz Quarzkristall-Oszylator 116 (Fig. 5) dient als Haupttaktgeber für den Mikroprozessor 78. Die Taktgeber-Frequenz wird durch den Mikroprozessor halbiert, um ein 3,072 MHz Signal an dem «CLK» Ausgang des Mikroprozessors 78 zu schaffen, der wiederum zu dem Speicher 80B geführt wird. Ein interner Zeitkreis am Speicher 80B teilt die «CLK» Signalfrequenz durch fünf zur Erzeugung eines 614,4 KHz Signal, das wiederum an dem Analog/Digital-Wandler 84 und dem Zeitkreis 86 liegt. (Die CLK-Frequenz wird geteilt, weil das in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel verwendete Zeit-IC nur Frequenzen von weniger als 2 MHz verarbeiten kann). Der Zeitkreis 86 erzeugt ein 600 Hz Ausgangssignal, das zu dem Speicher 80A geführt wird. Ein interner Zeitkreis des Speichers 80A setzt das 600 Hz-Signal herab auf ein 3 Hz-Signal, das, wie oben beschrieben, verwendet wird zur Verursachung des Blinkens der Anzeige 38 oder 40, wenn ein Zeit- oder Druckalarm ausgelöst wird.

Die Figuren 7A bis 7G zeigen in Form eines Flussdiagrammes die Abfolge der Arbeitsschritte mit denen der Mikroprozessor 78 programmiert ist. Zur Vereinfachung der Erklärung des Programmes wird auf eine ins Einzelne gehende Beschreibung der Steuersignale, die die Software erzeugt, um die oben beschriebene Hardware zu betätigen, nicht beschrieben. Dem Fachmann ist jedoch klar, dass z. B., zur Beleuchtung der Selbsttest-Lampe 36 der Mikroprozessor 78 einen geeigneten Befehl erzeugen muss, durch den ein Signal auf die Leitung PBB1 des Speichers 80B gelegt wird, das mit der Anzeige-Lampe 36 über das Interface 110 angeschlossen wird.

Das Hauptsteuerprogramm wird in Fig. 7A gezeigt. Nach in Betrieb setzen der Speicher 80A und 80B, des Display-Interfaces 96 und des Zeitkreises 86 zur Datenübertragung, wird die Steuerung auf die «Selbsttest»-Subroutine übertragen, wie in Fig. 7B gezeigt wird.

Die Selbsttest-Subroutine erzeugt geeignete Befehle zur Speisung der Selbsttest-Lampe 36, der Blink-Display 36 und 40 und des Tonalarmgebers 70, bis der Rückstell-Schalter 42 gedrückt wird, um den Selbsttest zu beenden, wodurch der

Tonalarmgeber abgeschaltet wird, die Displays 38 und 40 zur Anzeige von «000» gebracht werden und die Steuerung auf das Hauptprogramm zurückgegeben wird.

Das Hauptprogramm übergibt die Steuerung danach auf die «normal»-Subroutine, die in Fig. 7B gezeigt wird, diese wiederum ruft wiederholend die «Druck setzen» und «Zeit setzen»-Subroutinen auf, die in Fig. 7C bzw. 7D gezeigt werden, bis der Schalter 60 gedrückt wird zum Aufblasen der Manschette 10, woraufhin die Steuerung wieder auf das Hauptprogramm übergeht.

Die Druck-setzen-Subroutine gibt die Steuerung einfach auf die normal-Subroutine zurück, wenn der Druckmessen/setzen-Schalter 46 nicht in die «setzen»-Position gedrückt worden ist. Ist der Schalter 46 gedrückt, wird der Druck in der Manschette in dem Display 38 angegeben.

Das Trägersignal für den Druckalarm «ALP» wird gesperrt, so dass ein Unter- oder Überdruck-Alarm während der Wahl des Manschettendrucks nicht ausgelöst wird. Dann wird die Position des steigern/vermindern-Schalters 48 geprüft. Ist der Schalter 48 in der neutralen Position, geht die Kontrolle auf den Beginn der messen/setzen-Subroutine zurück. Sonst wird der gespeicherte Wert des gewählten Druckes erhöht oder vermindert innerhalb des Bereiches zwischen 0 bis 400 mmHg entsprechend der Position des Schalters 48. Wird ein Druck von mehr als 400 mmHg gewählt, wird der Tonalarmgeber 70 ausgelöst, der höchste wählbare Druck von 400 mmHg wird auf dem Display 38 blinkend gezeigt. Software-Zeitkreise werden verwendet, damit die Rückgabe der Steuerung auf den Anfang der Druck-setzen-Subroutine verzögert wird für 0,5 Sec. während der ersten 2,5 Sec., während der die Schalter 46 und 48 niedergedrückt sind. Danach geht die Steuerung alle 30 msec. über auf den Anfang der Druck-setzen-Subroutine. Das bedeutet, dass der Wert des vorgewählten Druckes sich während der ersten 2,5 Sec. relativ langsam (in 0,5 Sec. Intervallen) ändert, während es sich danach relativ schnell ändert, was wiederum schnelle oder langsame Betriebsweisen zur Erhöhung oder Erniedrigung des vorgewählten Druckes schafft.

Die Zeit-setzen-Subroutine funktioniert genauso wie die Druck-setzen-Subroutine mit der Ausnahme, dass die Stellung der Schalter 50 und 52 geprüft werden und dass die vorgewählte Zeit in dem Display 40 erscheint. Die Zeitdauer für das Aufblasen der Manschette kann in einem Bereich zwischen 0 und 180 Min. gewählt werden.

Wenn einer der Schalter 46 oder 50 freigegeben wird, geht die Steuerung der Druck-setzen oder Zeit-setzen Subroutinen über auf die normal-Subroutine, die, wie gezeigt, weiterhin die Druck-setzen und Zeit-setzen Subroutinen aufruft, bis der Schalter 60 gedrückt wird zum Aufblasen der Manschette 10. Wenn der Schalter 60 gedrückt ist, gibt die normal-Subroutine die Steuerung zurück an das Hauptprogramm. Das Hauptprogramm startet dann einige interne Variable und setzt den internen Zähler für die verstrichene Zeit auf 0.

Als nächstes ruft das Hauptprogramm die Druck-Update-Subroutine (Fig. 7E) die den Druckausgang des Umwandlers 88 abtastet und dann die Kontrolle auf das Hauptprogramm zurückgibt, ausser wenn der Zähler für die verstrichene Zeit eine gerade Ziffer anzeigt. Dies sichert, dass der Druck, der in dem Display 38 gezeigt wird, nicht schneller als in 2-Sec.-Intervallen verändert wird, was eine relativ «stabile» Ableseung durch das Bedienungspersonal ermöglicht. Der von dem Transducer 88 gemessene Druck wird jedoch jedesmal, wenn die Druck-Update-Subroutine erreicht wird, gesampled. Der Wert, der in dem Display 38 auftritt, ist der Durchschnitt von zwei Lesungen des Ausgangs des Transducers 88 während der mindestens 2 Sec. betragenden Display-Anzeige. Sowie ein neuer Wert des ge-

messenen Druckes dargestellt wurde, geht die Steuerung auf das Hauptprogramm zurück.

Das Hauptprogramm vergleicht den aktuellen Manschettendruck, den die Druck-Update-Druckroutine von dem Transducer 88 erhält, mit dem vorgewählten Manschettendruck.

Wenn der tatsächliche Manschettendruck geringer ist als der vorgewählte Manschettendruck, geht die Steuerung auf die Manschette-aufblasen-Subroutine (Fig. 7F) über, die das Mittel zum Erhöhen des Druckes 14 für etwa 2 Sec. aktiviert. (Das Mittel zur Erhöhung des Druckes, das in der bevorzugten Ausführungsform verwendet wird, steigert den Druck in der Manschette 10 um etwa 9 mmHg in 2 Sec.). Die Steuerung wird dann zurück auf das Hauptprogramm gegeben und dann auf die Zeit-Update-Subroutine (Fig. 7E), die einfach die vergangene Zeit von dem Zeitkreis 56 liest und sie in dem Display 40 darstellt. Die Zeit-Update-Subroutine übergibt die Steuerung dann auf das Hauptprogramm, das diesen Zyklus fortsetzt, bis die Manschette 10 auf den vorgewählten Druck aufgeblasen ist.

Wenn der tatsächliche Manschettendruck grösser ist als der vorgewählte Manschettendruck wird die Steuerung übergeben an die Netz-Prüf-Subroutine (Fig. 7F), die den Tonalarmgeber 70 auslöst, wenn das «Netzausfall»-Signal durch das Netzgerät erzeugt worden ist. (Wenn der Schalter 42 gedrückt ist, wird ein Hardware-Interrupt ausgelöst, was den Mikroprozessor veranlasst, die Steuerung auf die Alarm-Rückstell-Subroutine (Fig. 7E) zu übergeben, in der die laufende Zeit in einer «ADA» genannten Variablen gespeichert wird. Bevor der Tonalarmgeber ausgelöst wird durch die Prüf-Netzausfall-Subroutine, wird die laufende Zeit mit dem Wert in der Variablen ADA verglichen. Beträgt die Differenz mehr als 30 Sec., ertönt der Alarm, ansonsten wird das den Alarmlänge auslösende Signal «AUD» gesperrt. Der Schalter 42 setzt so den Tonalarmgeber für höchstens 30 Sec. ausser Betrieb.

Das Hauptprogramm ruft dann die Zeit-setzen und Druck-setzen-Subroutinen, um dem Operator die Möglichkeit zu geben, neue Werte der Zeit und des Druckes zu wählen, für den Fall, dass es erwünscht ist, diese zu verändern, um einen medizinischen Eingriff zu vollenden. Die Zeit-Update-Subroutine bringt dann die verstrichene Zeit, die auf dem Display 40 gezeigt wird, auf den neuesten Stand. Die Prüf-Zeit-Subroutine (Fig. 7F) wird dann aufgerufen, damit bestimmt werden kann, ob die Manschette 10 für oder über die vorgewählte Zeit hinaus aufgeblasen war, und, um gegebenenfalls, den Tonalarmgeber auszulösen und das Zeit-alarmsignal «ALT» zu aktivieren, damit die Zeit in dem Display 40 aufblinkt. Die ADA-Variable wird wieder mit der laufenden Zeit verglichen, damit festgestellt wird, ob der Tonalarmgeber 70 zeitweise inaktiviert wurde.

Als nächstes wird die Druck-Update-Subroutine aufgerufen, damit eine neue Lesung des tatsächlichen Druckes in der Manschette 10 für die Druck-Prüf-Subroutine (Fig. 7G) erhalten wird. Wenn der tatsächliche Manschettendruck den vorgewählten Manschettendruck um mehr als 6 mmHg übersteigt, ruft die Druck-Prüf-Subroutine die Überdruck-Subroutine (Fig. 7G) auf, die den Tonalarmgeber 70 auslöst (wenn dieser nicht durch den Schalter 42 zeitweise inaktiviert wurde) und zeigt den Druck in dem Display 38 blinkend, wenn der tatsächliche Manschettendruck den vorgewählten Manschettendruck um mehr als 15 mmHg übersteigt. Die Überdruck-Subroutine ruft auch die Druck-vermindern-Subroutine (Fig. 7G) auf, die das Mittel zur Verminderung des Druckes 16 aktiviert, wodurch der Manschettendruck um etwa 3 mmHg vermindert wird.

Wenn der tatsächliche Manschettendruck um mehr als 6 mmHg unterhalb des vorgewählten Manschettendrucks

ist, ruft die Druck-Prüf-Subroutine die Unterdruck-Subroutine (Fig. 7G) auf, um festzustellen, ob die Differenz 15 mmHg übersteigt, in diesem Fall wird der Tonalarmgeber 70 ausgelöst (ausser wenn dieser durch den Schalter 42 zeitweise inaktiviert worden ist) und der Druck wird blinkend in dem Display 38 dargestellt. Die Unterdruck-Subroutine ruft

10

auch die Manschette-aufblasen-Subroutine auf, wodurch das Mittel zur Erhöhung des Druckes 14 für 2 Sec. aktiviert wird, so dass der Manschettendruck etwas erhöht wird.

Das Hauptprogramm arbeitet zyklisch durch Vergleichen des tatsächlichen und des vorgewählten Manschettendruckes weiter und löst wie die geeigneten Massnahmen aus.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

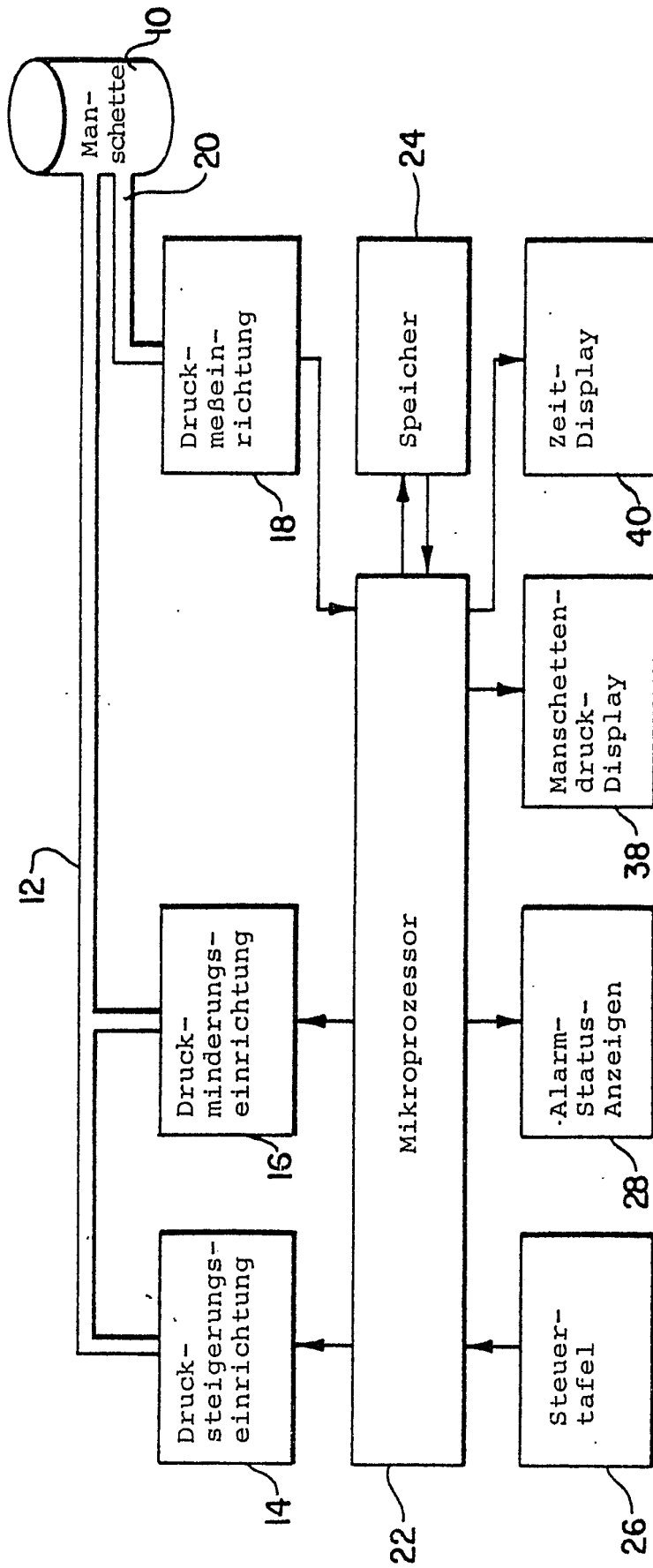


FIG. 1

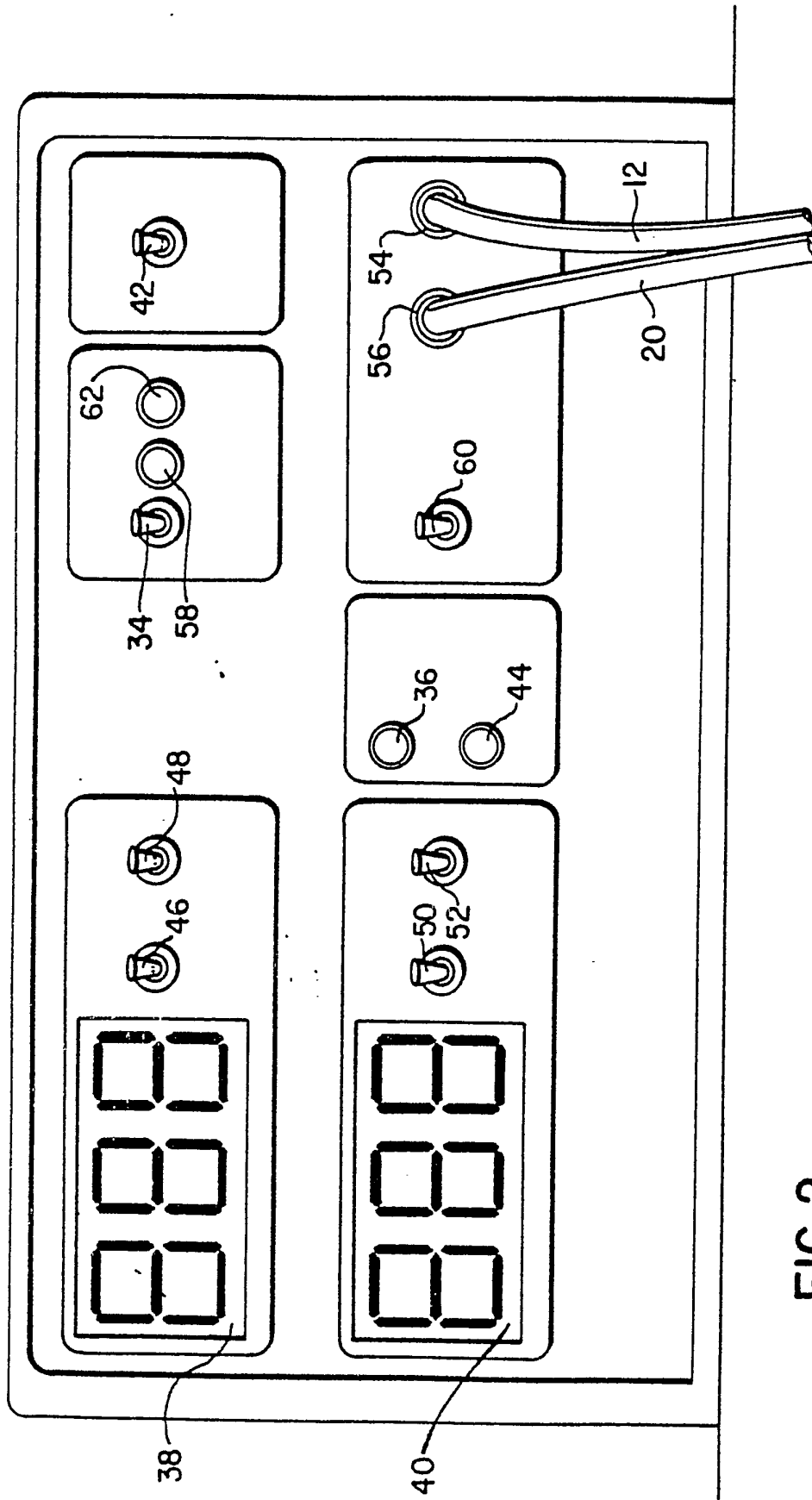


FIG. 2

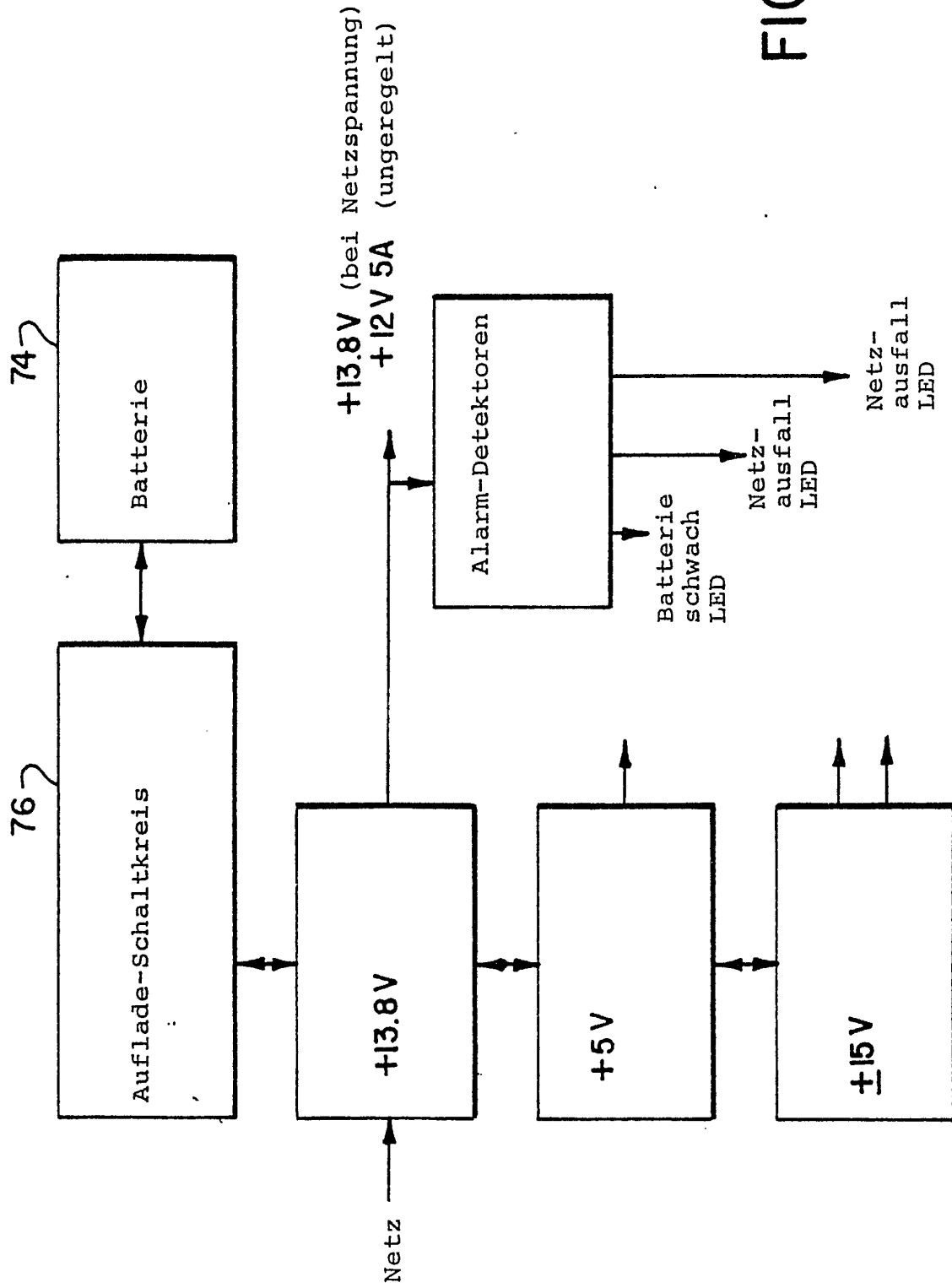


FIG. 3

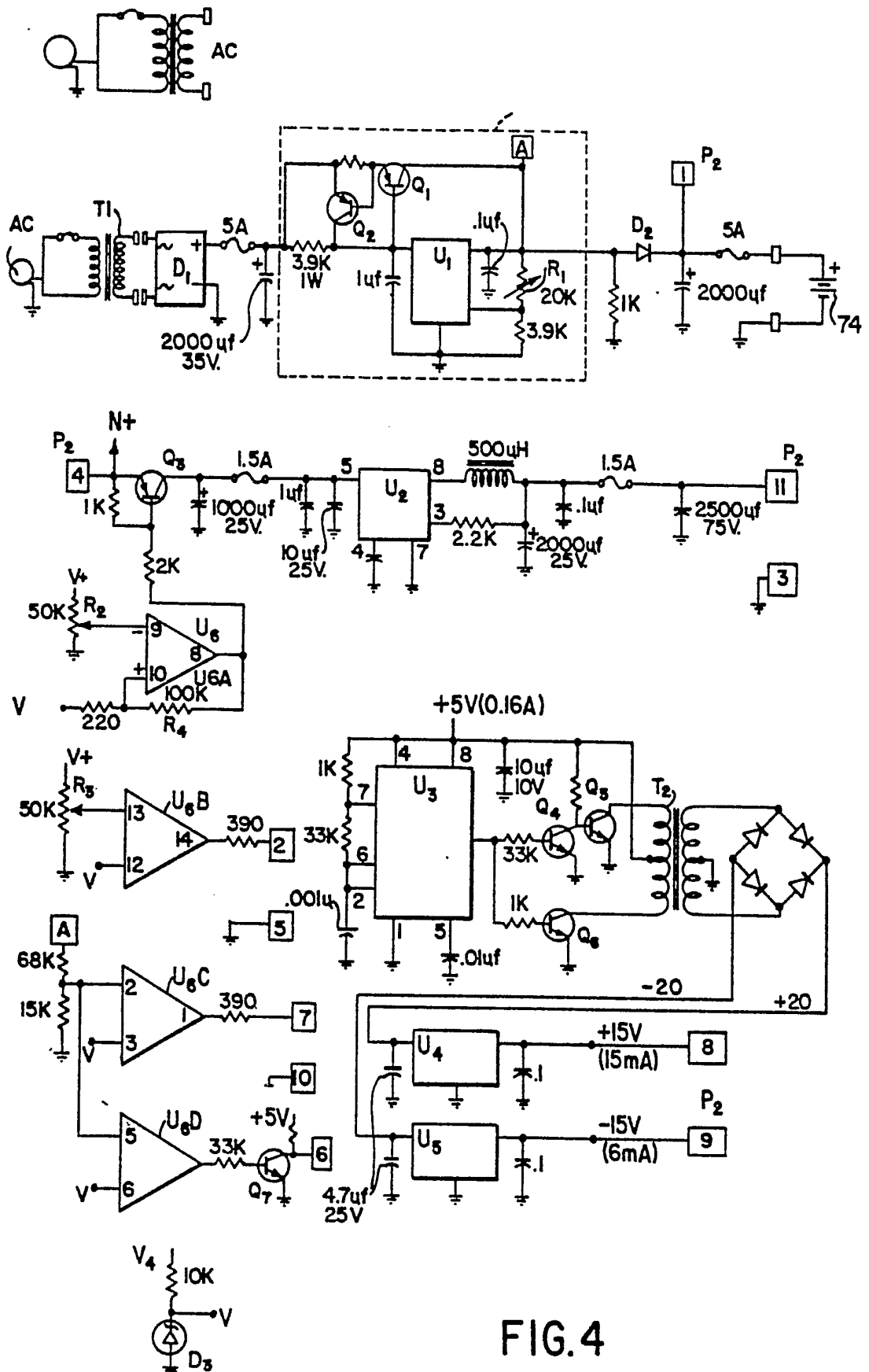


FIG. 4

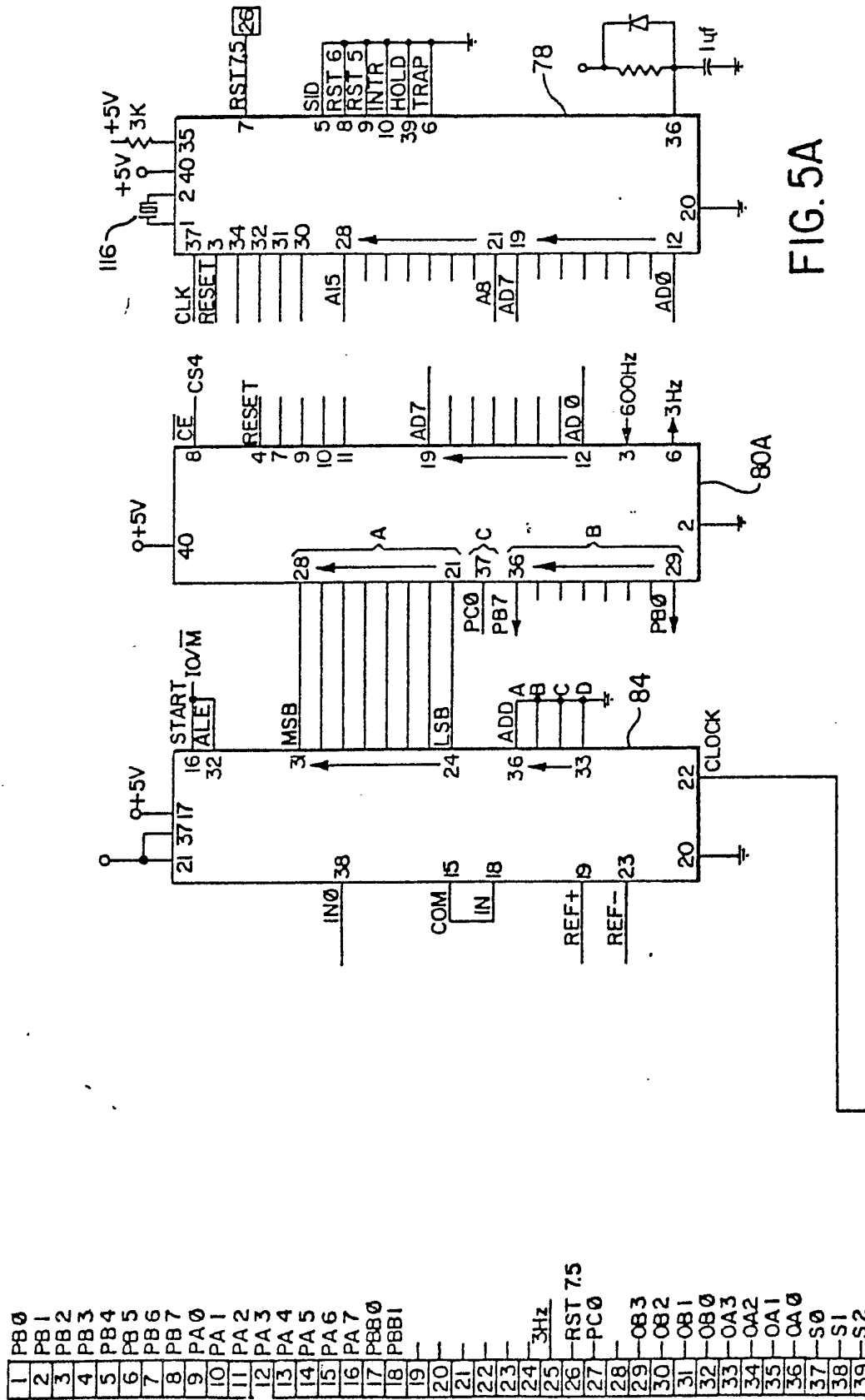


FIG. 5A

1	PB0
2	PB1
3	PB2
4	PB3
5	PB4
6	PB5
7	PB6
8	PB7
9	PA0
10	PA1
11	PA2
12	PA3
13	PA4
14	PA5
15	PA6
16	PA7
17	PBA0
18	PBA1
19	
20	
21	
22	
23	
24	3Hz
25	
26	RST 7.5
27	PC0
28	
29	OB3
30	OB2
31	OB1
32	OB0
33	OA3
34	OA2
35	OA1
36	OA0
37	S0
38	S1
39	S2
40	

CONNECTOR J6

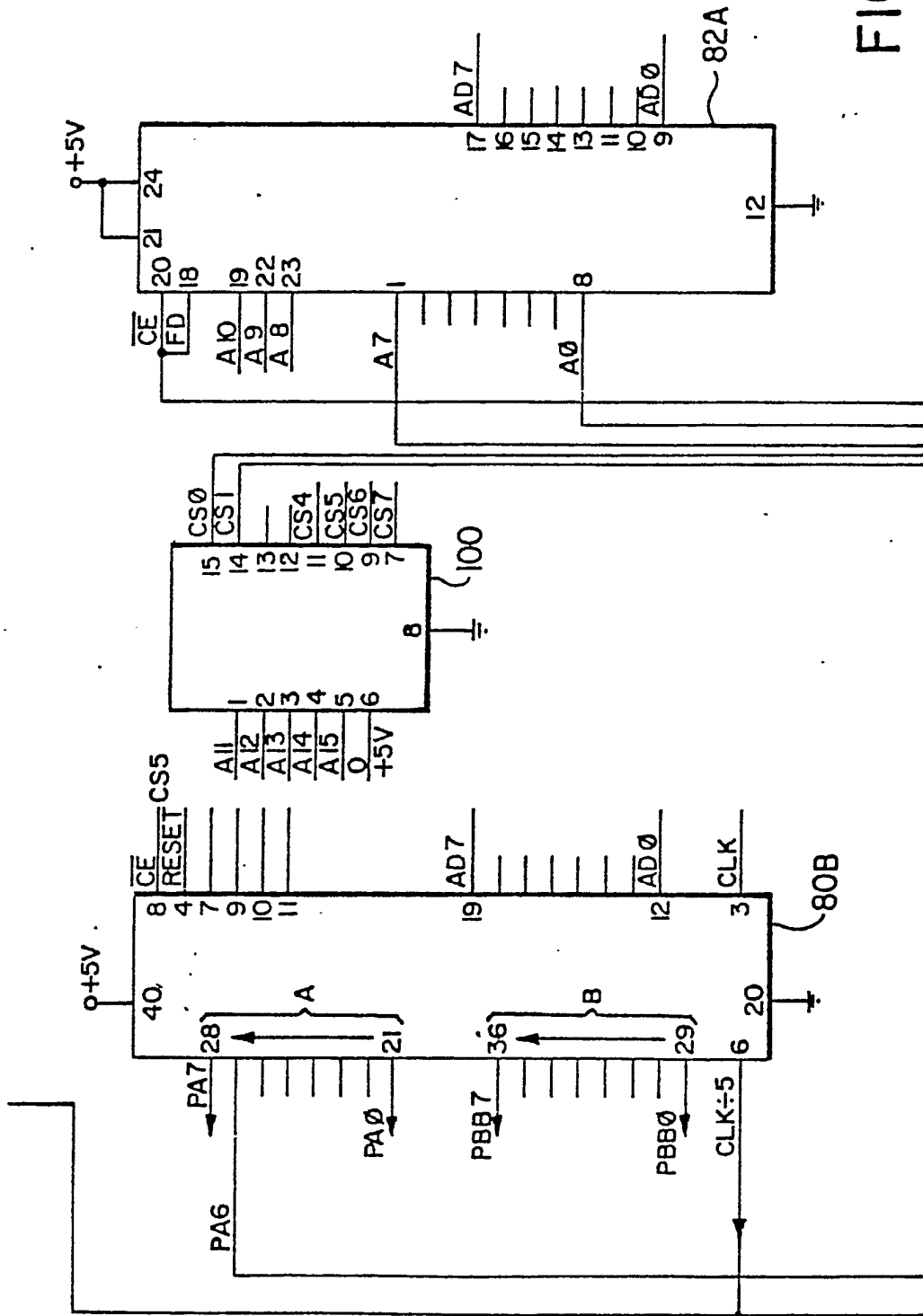


FIG. 5B

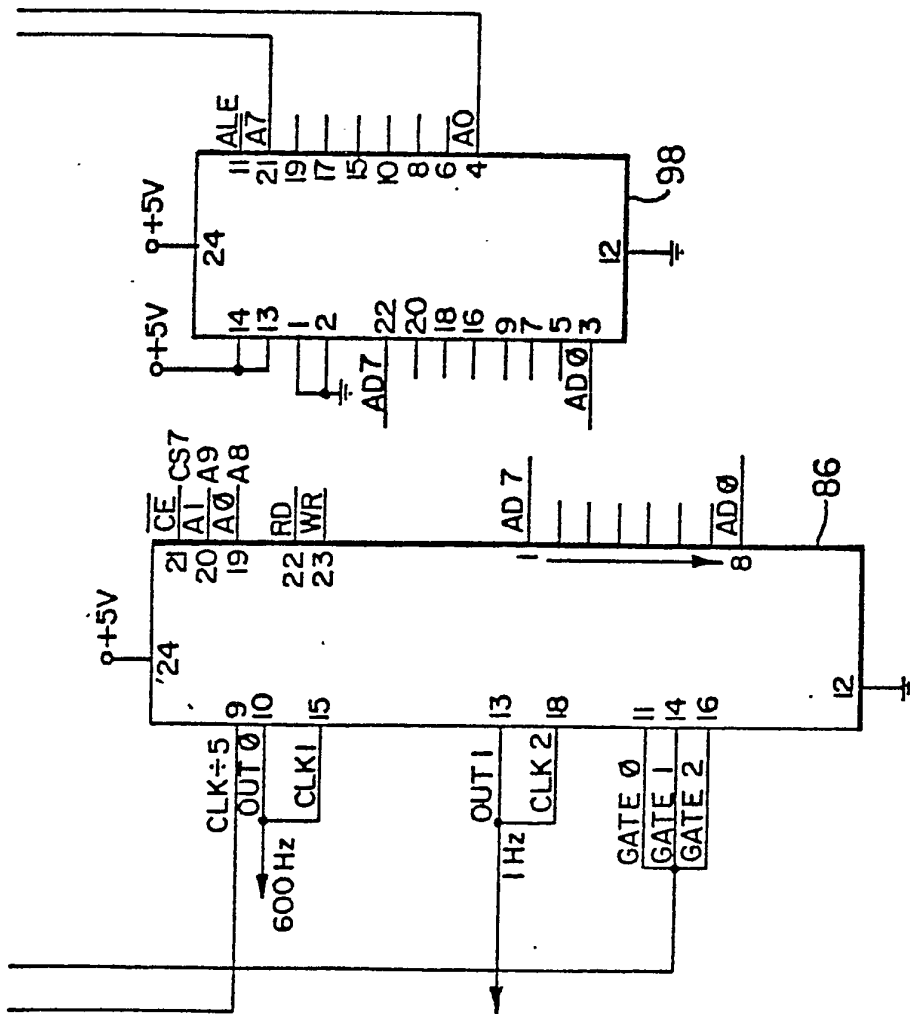


FIG. 5D

FIG. 5A
FIG. 5B
FIG. 5C
FIG. 5D

FIG. 5E

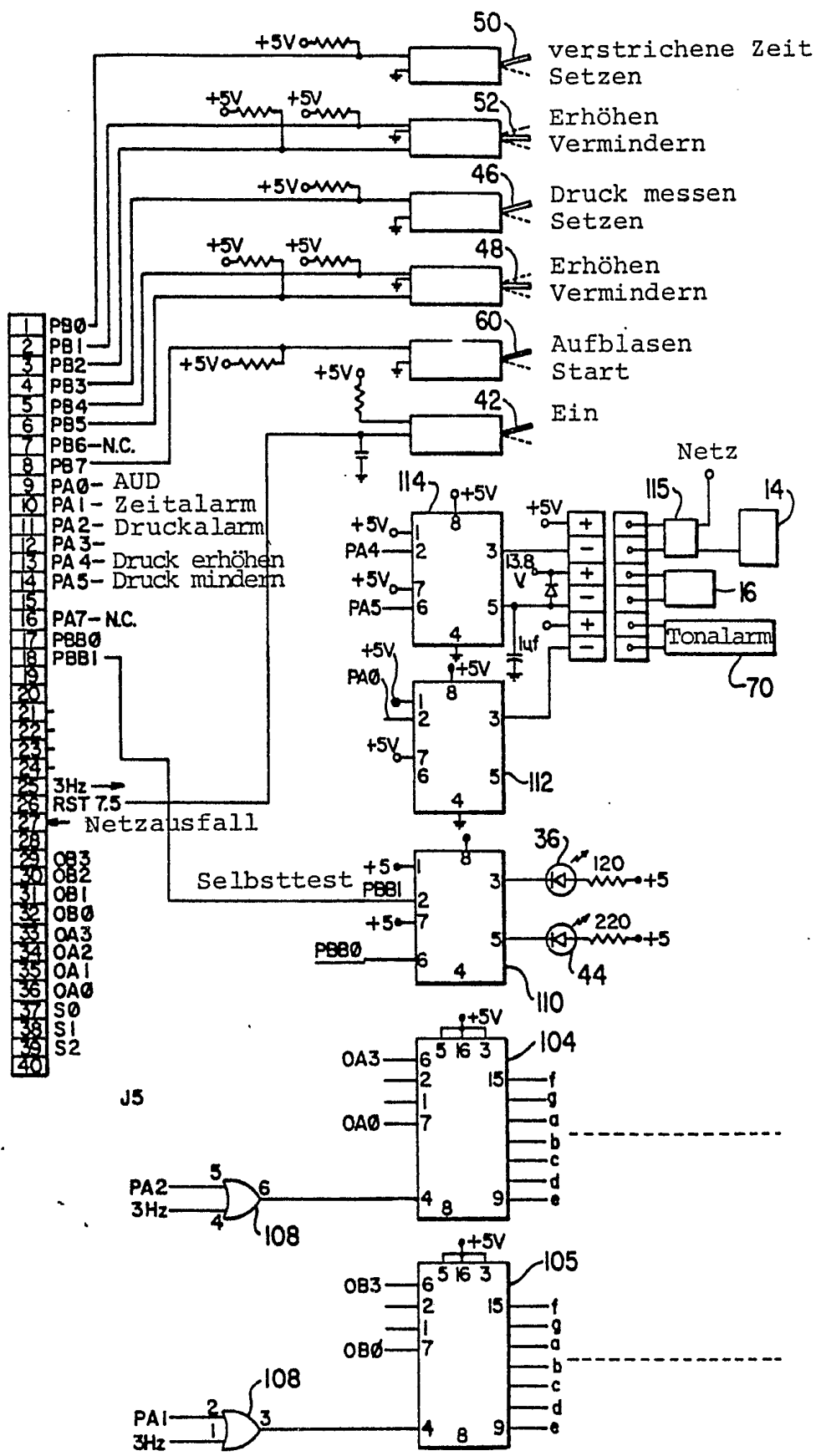


FIG. 6A

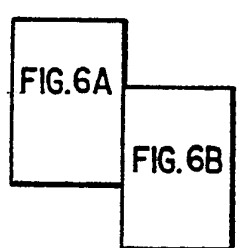
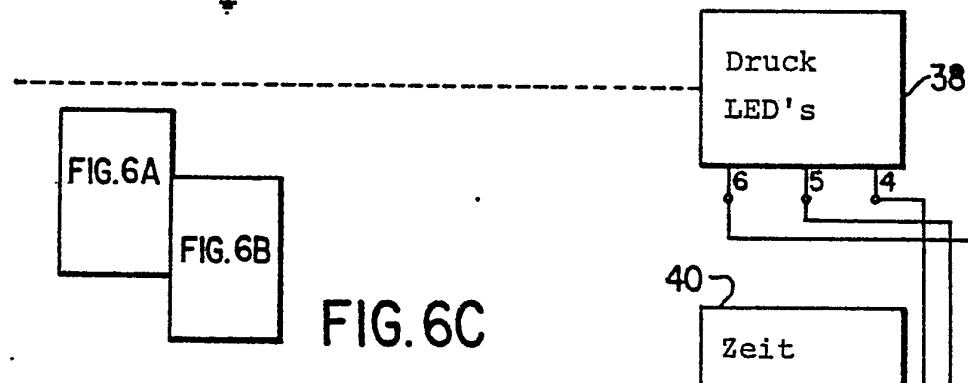
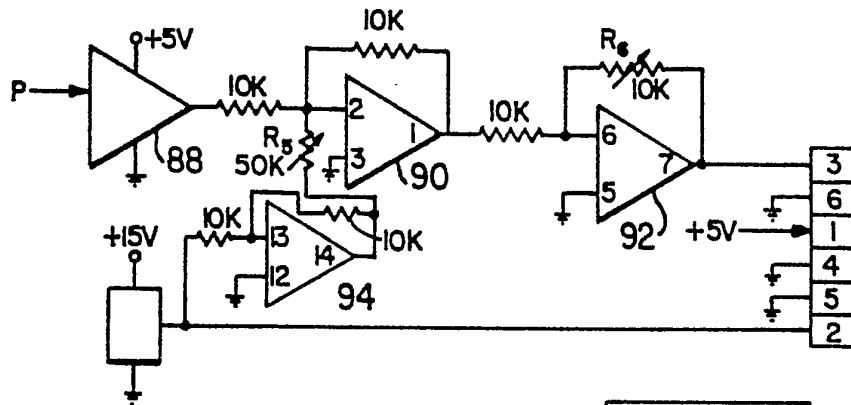
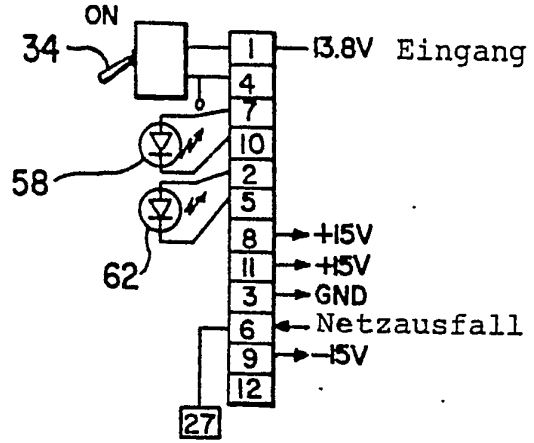


FIG. 6C

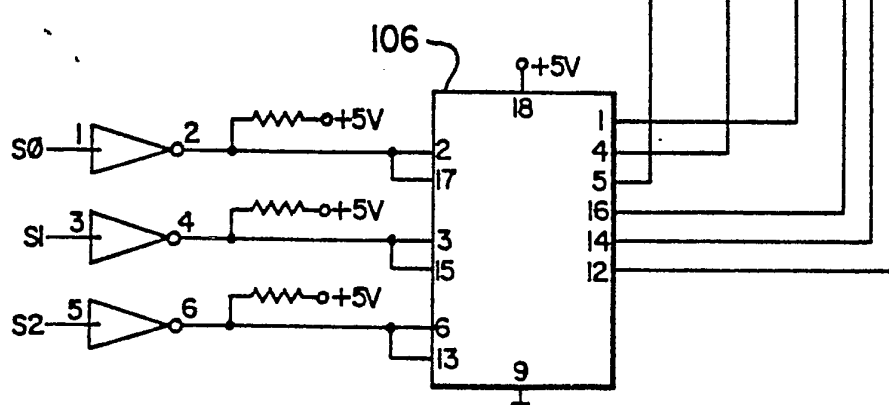


FIG. 6B

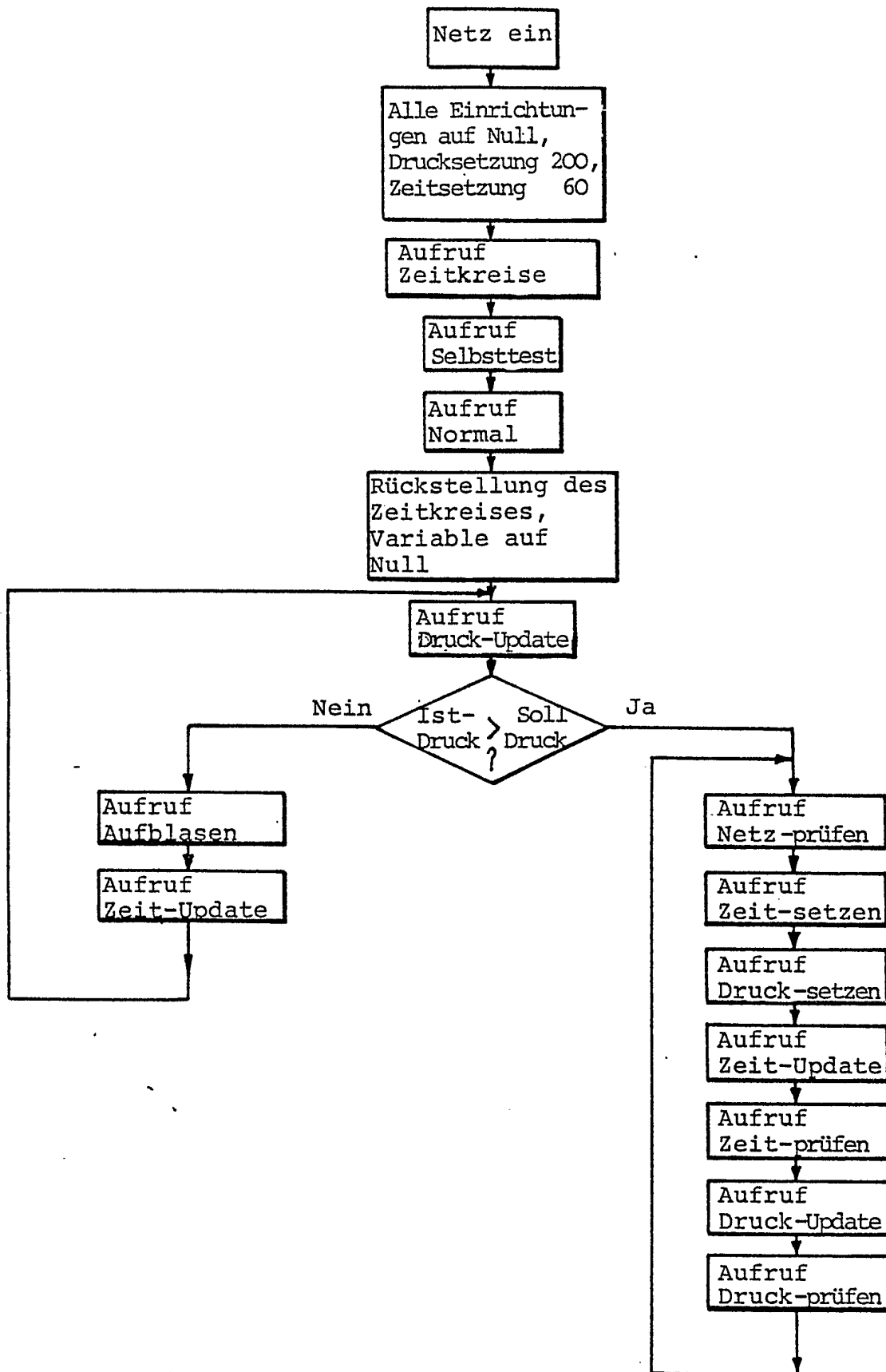


FIG. 7A

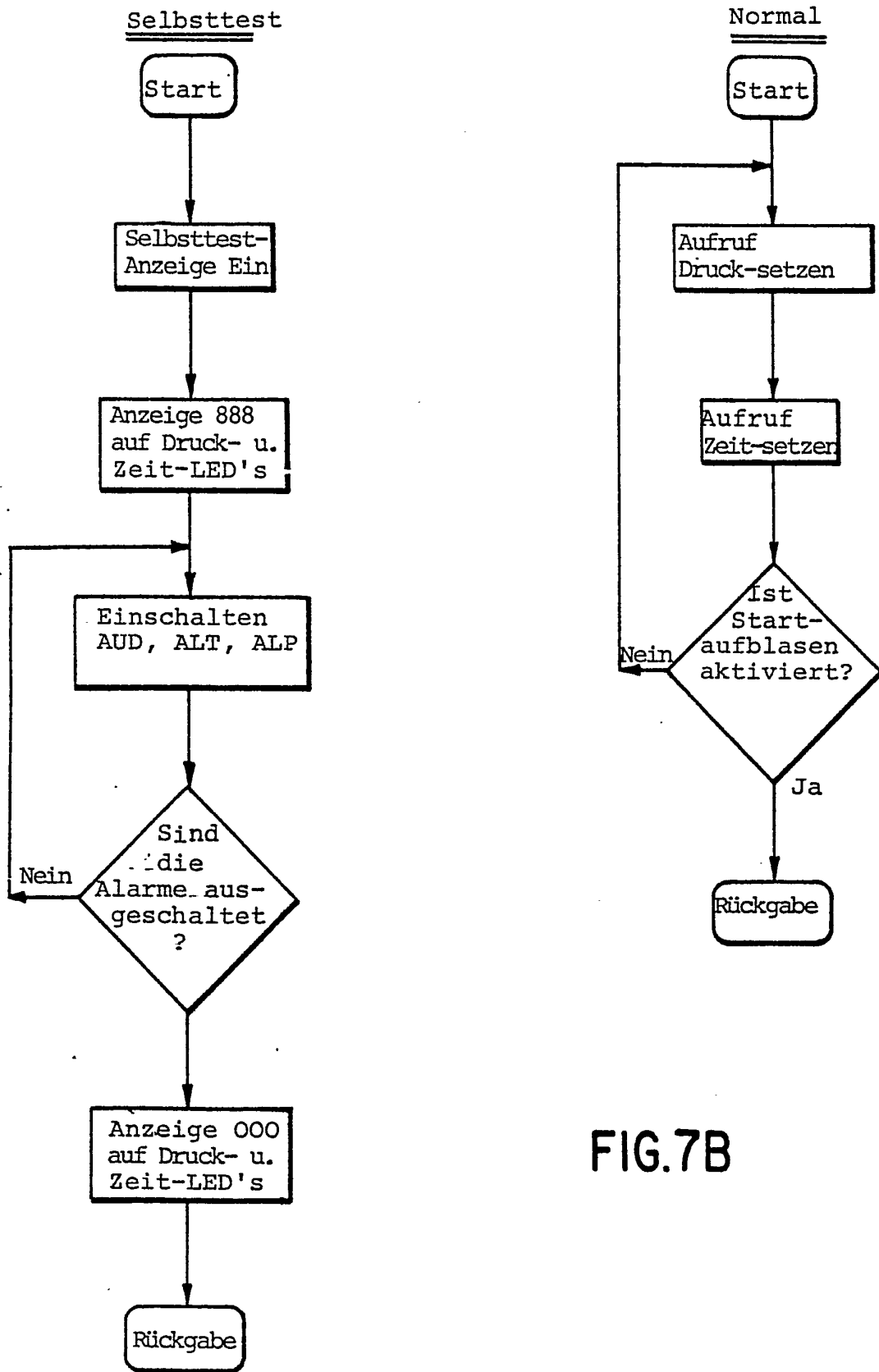


FIG.7B

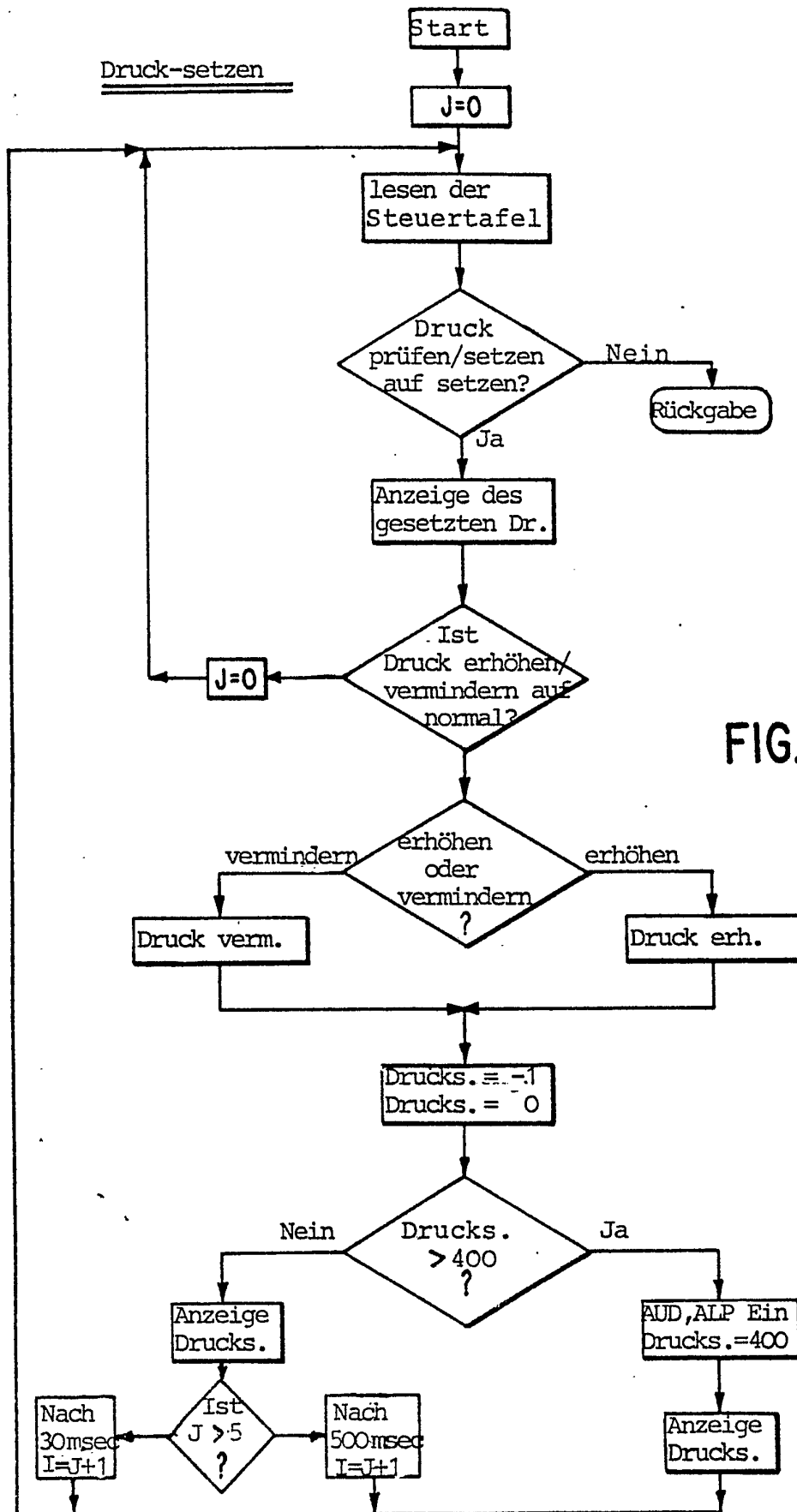
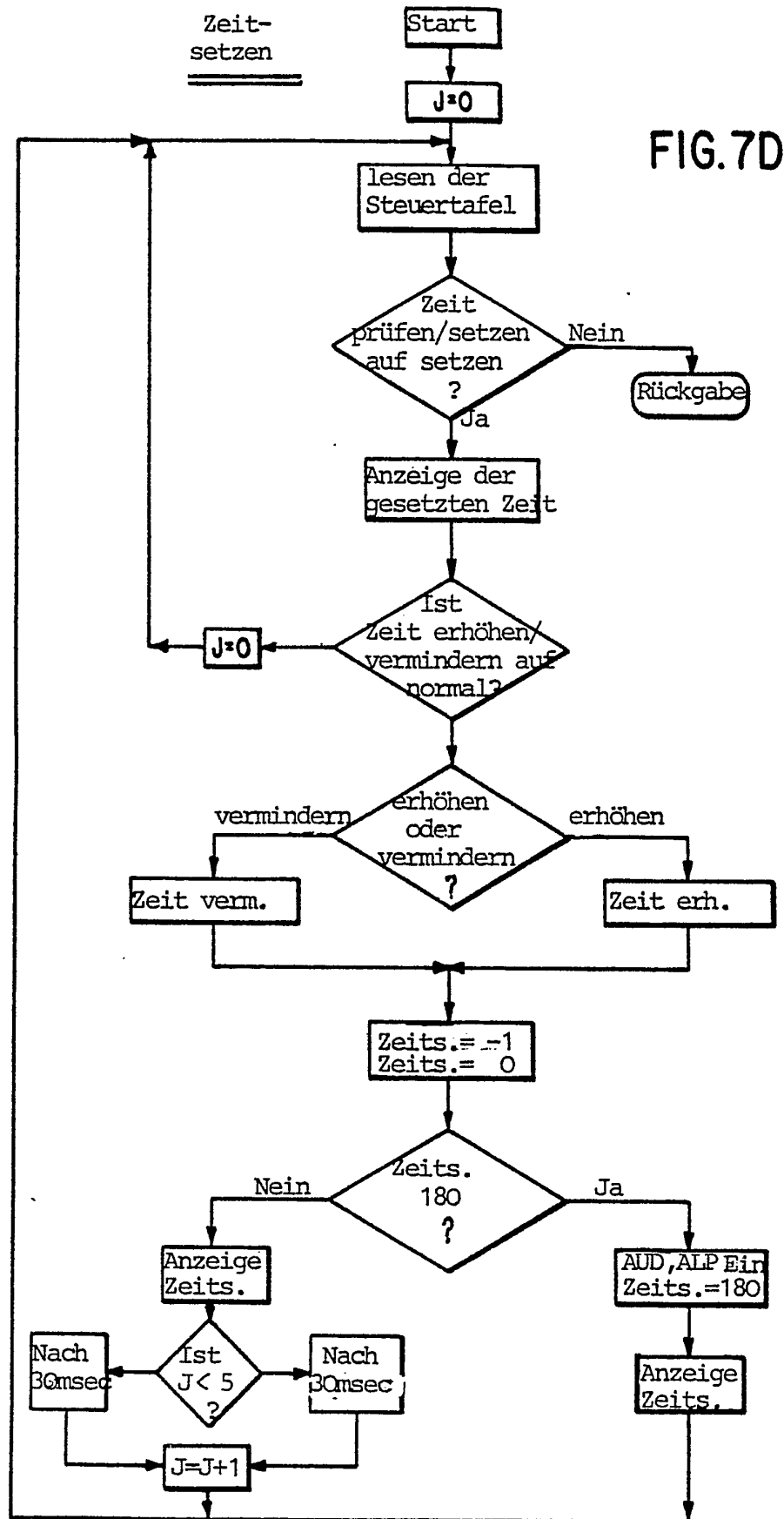


FIG. 7C



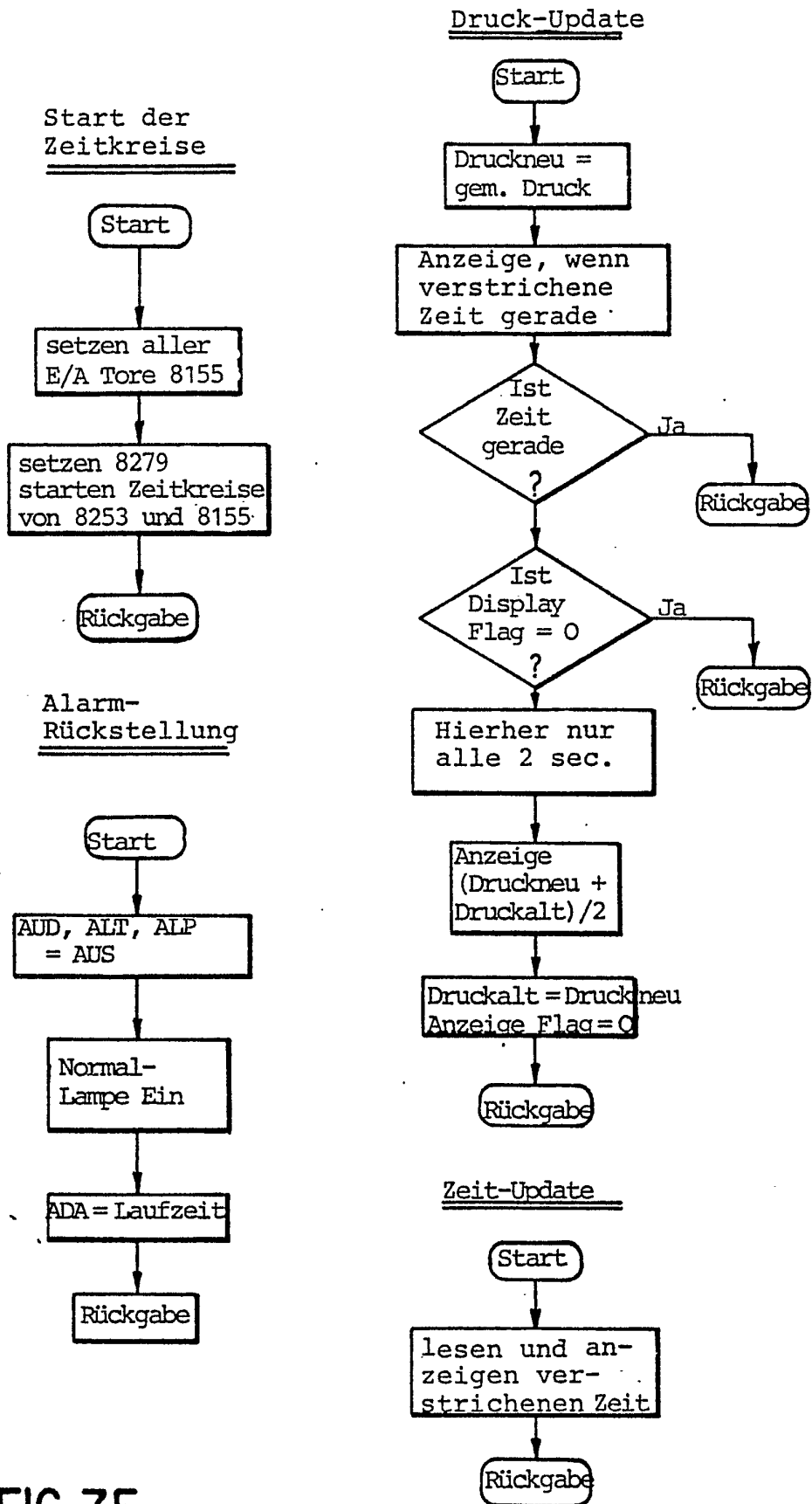


FIG. 7E

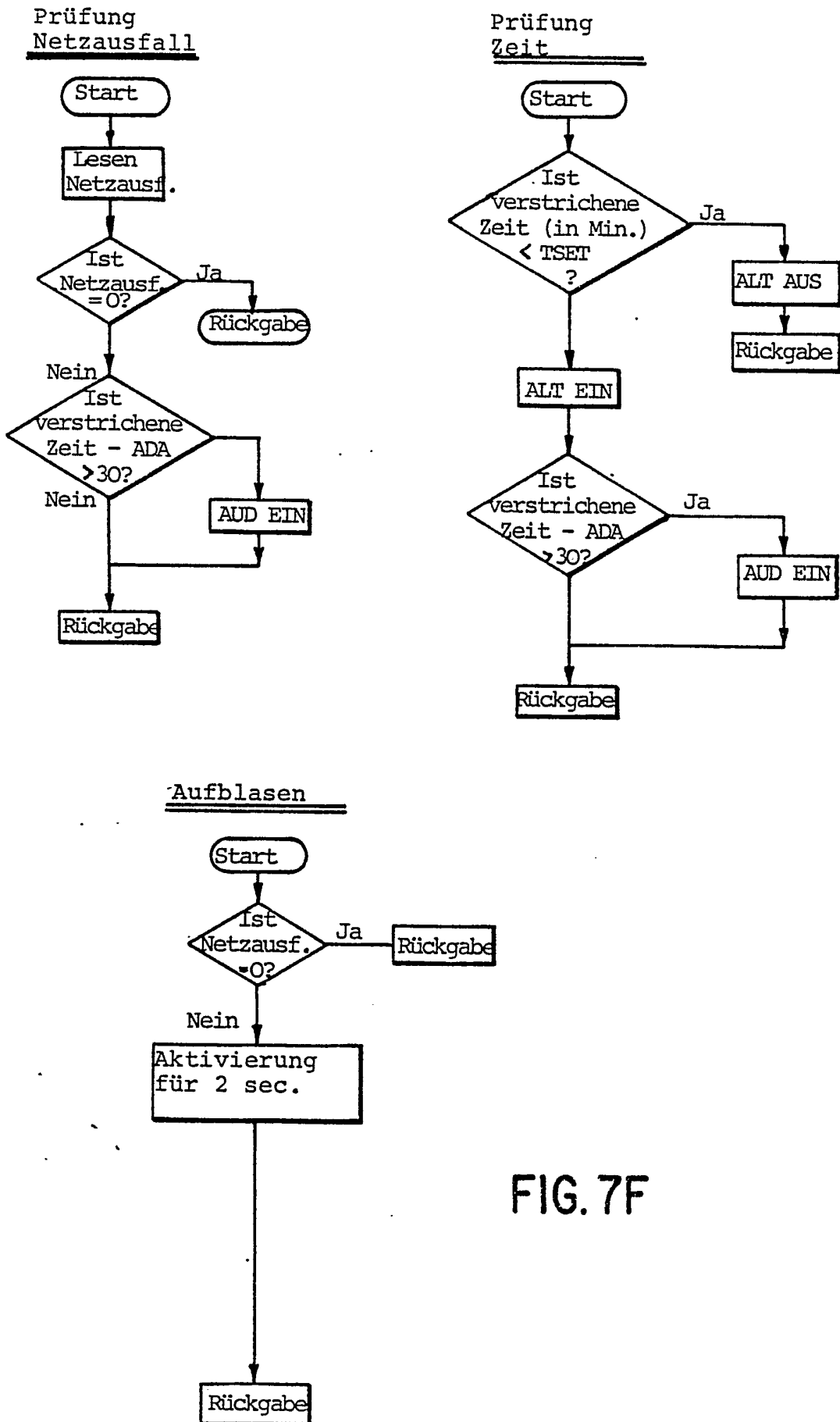
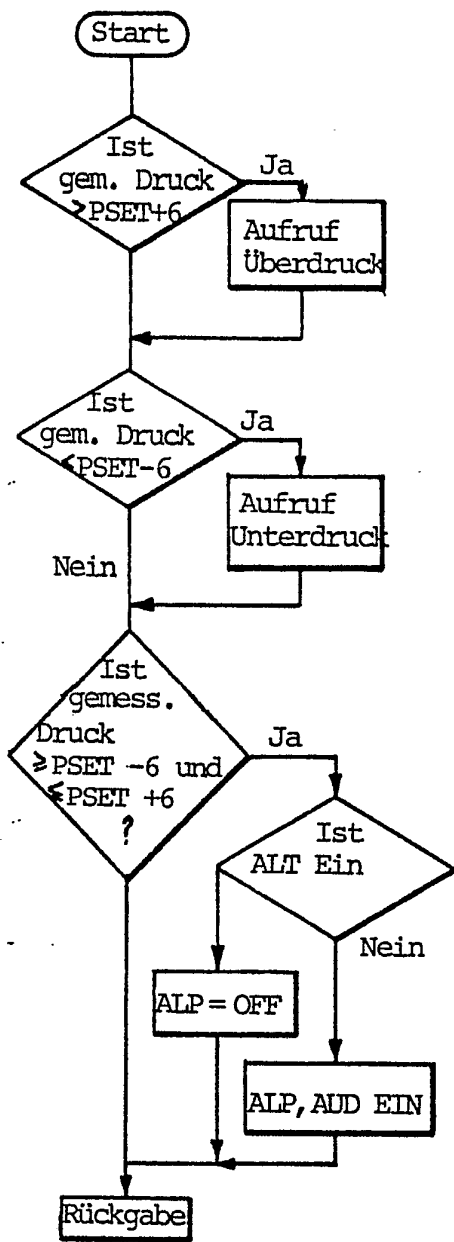
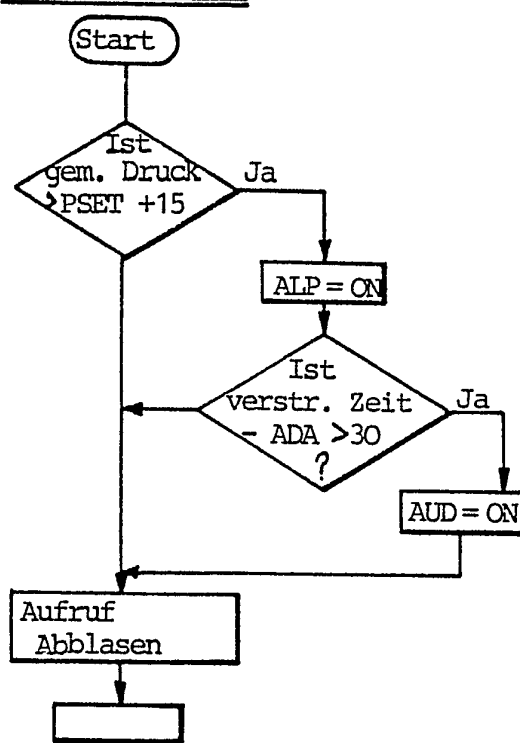


FIG. 7F

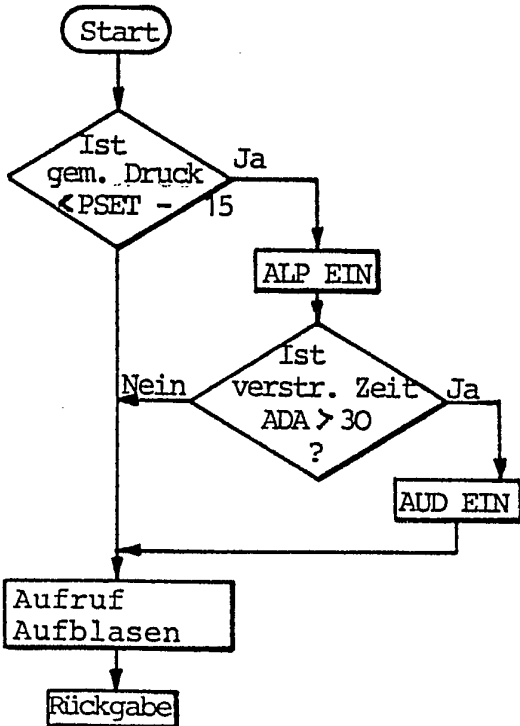
Druck prüfen



Überdruck



Unterdruck



Abblasen

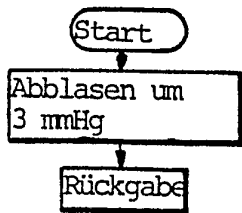


FIG.7G