

# ADU und DAU

## Analog-Digital-Wandler (ADU)

- Analog-Digital-Wandler C520D
  - Das Dual-Slope-Verfahren
  - C520-Blockschaltung und Funktion
  - C520-Daten und Anwendungshinweise
  - Störnadel-Unterdrückung der C520-Digit-Ausgabe
- Schaltungen mit dem ADU C520
  - C520-ADU nach DDR-Bausatz "Digitales Voltmeter", ZIM-AVL 1983
    - C520-ADU-Baugruppe
    - Anzeige-Baugruppe
  - C520-ADU nach DDR-Bausatz "Digitale Anzeige für Gleichspannung", 1984/09
  - C520-ADU nach DDR-Bastlerbeutel 28 "Digitaler Anzeigebaustein", 1985/04
    - Anwendung als DC-Digitalvoltmeter
    - Anwendung als Temperatur-Messgerät
  - C520-ADU nach DDR-Bausatz EBS 3 "Analog/Digitalwandler", 1984/03
    - Anwendung als DC-Digitalvoltmeter
    - AC/DC-Wandler zur Messung von Wechselspannungen
  - C520-ADU nach DDR-Elektronikbausatz 105 "Luxmeter", 1986/06
- Schaltungen mit dem ADU ICL7117

# Analog-Digital-Wandler (ADU)

## Analog-Digital-Wandler C520D

Der C520D (Vergleichstyp: CA3162E) war 1982 der erste monolithisch integrierte ADU-Schaltkreis der DDR, produziert vom Halbleiterwerk Frankfurt (Oder). Er enthält neben dem eigentlichen Analog-Digital-Umsetzer nach dem Dual-Slope-Verfahren (Zwei-Flanken-Verfahren) die gesamte Digitalelektronik zur multiplexen Ausgabe des Messwerts im BCD-Kode. Der Schaltkreis ist in I<sup>2</sup>L-Technik gefertigt und enthält ca. 1200 Transistoren.

Das Grundprinzip der AD-Umsetzung wird auch heute noch (2013) in den hoch integrierten Komplett-Anzeige-Chips angewandt.

Die folgenden bauelementebezogenen Angaben basieren auf verschiedenen Unterlagen, u.a. auf Mitteilungen des HFO.



Analog-Digital-Wandler C520D vom HFO (DDR)

### Das Dual-Slope-Verfahren

Allgemeine ADU-Forderungen

- Großer Messbereich mit hoher Auflösung
- Hohe Linearität der Umsetzung bei geringem absolutem Fehler
- Hoher Eingangswiderstand (geringer Eingangsstrom)
- Hohe Umsetzrate (AD-Wandlungen je Sekunde)
- Gute Unterdrückung von Serientaktstörungen des Mess-Signals (Brummunterdrückung)
- Hohe Gleichtaktunterdrückung des Mess-Eingangs (z.B. Störsignalunterdrückung wegen Erdschleifen)
- Hohe Übersteuerungsfestigkeit des Mess-Eingangs
- Geringe Temperaturabhängigkeit
- Unempfindlichkeit gegenüber Bauelementtoleranzen
- Geringer Bauelemente- und Abgleichaufwand

Nicht alle Wünsche sind gut und gleichzeitig erfüllbar. Das Dual-Slope-Verfahren bietet jedoch für anzeigende Mess-Systeme eine hohe Störfestigkeit bei genügender Auflösung, guter Linearität und geringer Bauelemente-Empfindlichkeit.

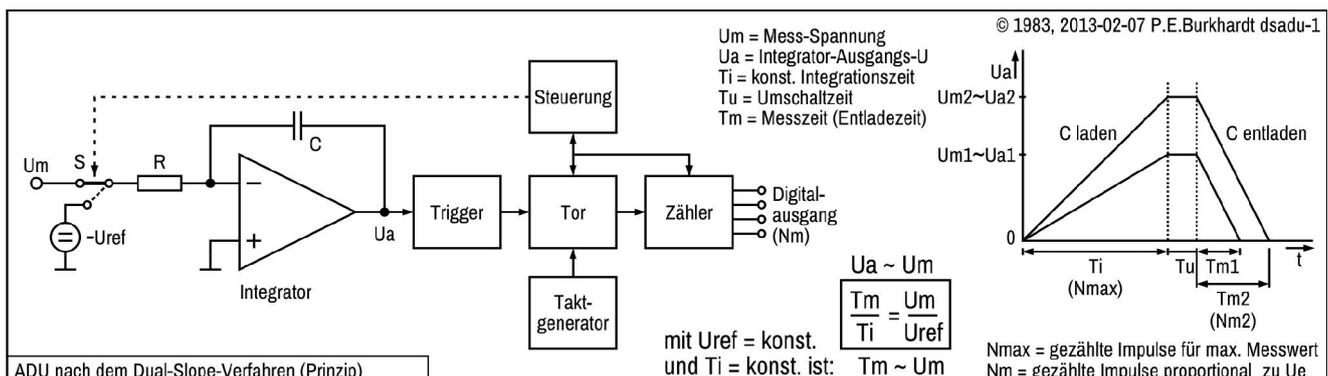
### Prinzip des Dual-Slope-Verfahrens

Beim Dual-Slope-Verfahren (auch Doppelschritt-Integrationsverfahren genannt) wird im ersten Schritt ein Kondensator mit der Mess-Spannung  $U_m$  aufgeladen. Im zweiten Schritt wird der Kondensator mit einer Referenzspannung  $U_{ref}$  entladen. Sowohl Lade- als auch Entladezeit werden mit einem Zähler gemessen. Vorteil ist, das Zählergebnis ist nur von  $U_{ref}$  und  $U_m$  abhängig.

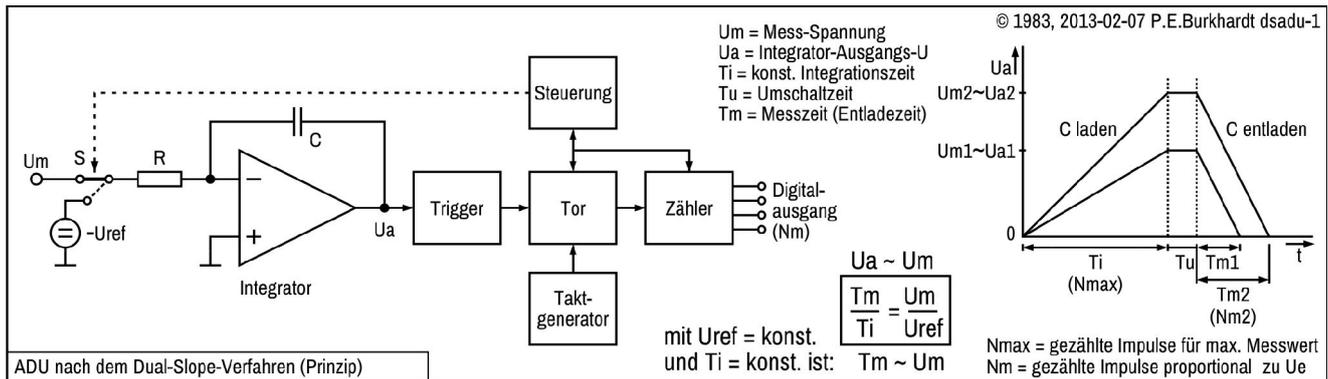
Nachteil ist, dass die Umsetzung über die Zeit erfolgt (indirekter Umsetzer), erst danach steht das Messergebnis in Form der gezählten Integrationsschritte zur Verfügung. Deshalb ist ein Dual-Slope-Umsetzer grundsätzlich langsamer als zum Beispiel ein direkter Umsetzer, bei dem der Mess-Spannung das digitale Ausgangssignal unmittelbar (gewissermaßen in einem Schritt) zugeordnet wird.

Blockschaltbild zum Dual-Slope-Prinzip

Schalter S schaltet zwischen Auf- und Entladung des Kondensators C um. Die Aufladung erfolgt mit  $U_m$ , die Entladung mit  $-U_{ref}$ . Der OPV-Integrator sorgt für die zeitlineare Auf- und Entladung. Der Trigger tastet die Integrator-Ausgangsspannung  $U_a$  ab und gibt sein Signal an die Torschaltung weiter. Das Tor sorgt zusammen mit der Steuerung für die richtige Arbeitsweise des Zählers. Am Zähler-Ausgang ist schließlich der Zählwert verfügbar, der dem Messwert  $U_m$  entspricht.



Arbeitsweise des Dual-Slope-ADU



(Bild-Wiederholung)

Erste Phase

Zuerst wird Kondensator C durch die Mess-Spannung Um (z.B. Um1 oder Um2) während einer festen Integrationszeit Ti zeitlinear aufgeladen. Die feste Integrationszeit ergibt sich, indem der vorher nullgestellte Zähler Impulse mit der Impulsfrequenz f solange zählt, bis eine bestimmte maximale Impulszahl erreicht ist. Die festgelegte maximale Impulszahl Nmax ergibt sich aus Maximalmesswert und gewünschter Messwertaufösung. Soll z.B. die digitale Anzeige 3-stellig sein (3 Digits) und eine Auflösung von 1 mV haben, muss immer bis Nmax = 999 gezählt werden. Der Maximalmesswert wäre also 999 mV. Ist die maximale Impulszahl Nmax erreicht, ist der Kondensator auf Ua aufgeladen (z.B. auf Ua1 entsprechend Um1). Ua ist also proportional zur Mess-Spannung Um. Es beginnt eine kurze Umschaltzeit Tu. Der Zähler wird wieder auf Null gesetzt, die Steuerung schaltet den Schalter S von Um auf -Uref um.

Zweite Phase

Nun beginnt die zweite Phase der Umsetzung. Kondensator C wird durch -Uref wieder entladen, die Integrator-Ausgangsspannung Ua verringert sich zeitlinear. Je nach Ua-Höhe (und damit je nach ursprünglicher Um-Höhe) dauert die Entladung unterschiedlich lange. Auch während der Entladung werden die Impulse der Impulsfrequenz f gezählt und damit die Entladezeit Tm bestimmt.

Ergebnis

Das Verhältnis der Entladezeit Tm zur Ladezeit Ti entspricht genau dem Verhältnis der Mess-Spannung Um zur Referenzspannung Uref. Uref ist konstant, die gezählten Impulse während Tm repräsentieren also unmittelbar den Um-Wert. Das Zählergebnis Nm nach C-Entladung stellt also direkt den digitalisierten Wert der zu messenden Spannung Um dar. (Formeln siehe Bild)

Eigenschaften des Dual-Slope-ADU

In den Formeln sind R, C und die Zählfrequenz (Taktfrequenz) f nicht mehr enthalten. Dadurch ist das Zählergebnis Nm von R, C und f unabhängig, solange sich diese Größen während einer Umsetzung (C laden und entladen) nicht ändern. R, C und f müssen also nur kurzzeitstabil sein.

Die Referenzspannung Uref hat direkten Einfluss auf das Zählergebnis. Dementsprechend muss Uref langzeitstabil sein.

Auch die Trigger-Schwelle (Komparator nach dem Integrator) darf nicht driften und muss langzeitstabil sein.

Störeinflüsse

Störungen durch induktive oder kapazitive Einkopplung unerwünschter Spannungen können den Messwert erheblich verfälschen. Besonders eingestreute Brummspannungen (50-Hz-Netzfrequenz) sind häufig und überlagern die Mess-Spannung. Ist die Integrationszeit Ti ein Vielfaches der Netzfrequenz-Periodendauer, wird diese Überlagerung durch den Integrationsprozess nicht wirksam, d.h. unterdrückt. Ti sollte wenigstens und möglichst genau 20 ms lang sein (oder ein Vielfaches davon), dann gehen auch alle überlagerten Netzfrequenz-Harmonischen nicht in das Messergebnis ein. Ti ist allerdings nicht frei wählbar und hängt von der ADU-Konfiguration ab. Da zur maximalen Störunterdrückung Ti in Relation zur Netzfrequenz konstant sein muss, geht ein großer Vorteil des Dual-Slope-Prinzips verloren. Die ADU-Taktfrequenz muss jetzt langzeitstabil sein, wenn die Netzfrequenz-Störunterdrückung ebenfalls auf lange Zeit gewährleistet sein soll.

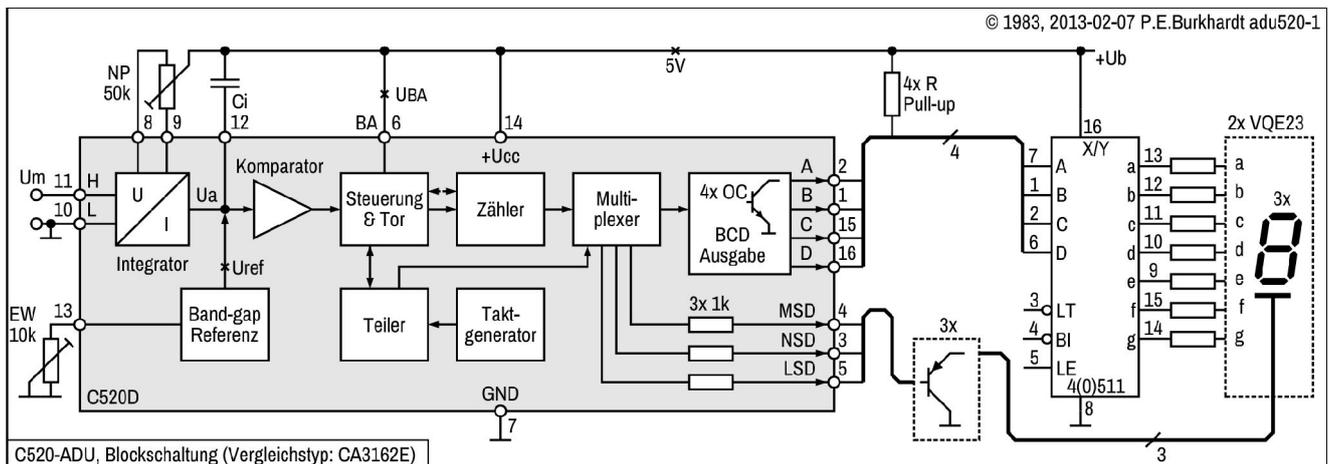
Ist die Integrationszeit kürzer oder nicht synchron mit der entsprechenden Störfrequenz, ist diese Störspannungsunterdrückung zwar durch das Integrationsprinzip immer noch gegeben, aber nicht mehr optimal. Die Störspannungsunterdrückung ist dann umso besser, je länger die Integrationszeit ist. Ist mit Störspannungen zu rechnen, müssen entsprechende Filter vor den Messeingang geschaltet werden.

## C520-Blockschaltung und Funktion

Der C520 ist in I<sup>2</sup>L-Technologie hergestellt, die sich besonders gut für gemischt analog-digitale Schaltungen auf einem Chip eignet. Der LSI-IC im 16-poligen Dual-Inline-Gehäuse ist mit ca. 1200 Transistoren nicht besonders hoch integriert (aus heutiger Sicht). Etwa 75 % benötigt der Digitalteil, der Rest ist analog.

Referenzspannung und Taktversorgung sind auf dem Chip, nur wenige externe Bauelemente sind für einen funktionierenden Wandler erforderlich. Vorteilhaft ist die Multiplex-Ausgabe des Digitalwerts, so ist nur ein einziger externer BCD-zu-7-Segment-Dekoder erforderlich.

Die Funktionsgruppen mit der Mindest-Außenbeschaltung zeigt das folgende Blockschaltbild.



### Wesentliche Funktionsgruppen

- UI-Wandler mit externer Nullpunkt-Einstellung, externem Integrationskondensator und nachfolgendem Komparator
- Uref-Erzeugung nach dem Band-gap-Prinzip mit externer Endwert-Einstellung
- Taktfrequenzerzeugung bestehend aus Oszillator und Frequenzteiler
- Kontroll-Logik mit externem Anschluss zur Betriebsarten-Umschaltung (langsam, schnell und halt)
- Messwert-Zähler mit Zusatzlogik zur Zählbereichsumschaltung für negative und positive Messwerte
- BCD-Kodierung und Multiplexer zur Ansteuerung von 3 Digits
- Externer BCD-zu-7-Segment-Dekoder
- Externe 3-stellige 7-Segment-Anzeige
- Externe Digit-Treiber zur GND-seitigen Einschaltung der 3 Dezimalstellen

Die externe Dekoder- und Anzeigeschaltung ist beispielhaft. Es sind auch andere Dekoder-ICs und Anzeigen verwendbar.

### Spannungseingang und UI-Wandler

Der C520 setzt eine Eingangsspannung  $U_m = -99...999$  mV mit einer Auflösung von 1 mV um. Bei Über- oder Unterschreitung dieses Bereichs sind besondere Bitkombinationen am digitalen Ausgang verfügbar. Durch eine interne Schutzschaltung sind die  $U_m$ -Eingänge H und L gegen GND (Pin 7) gegen Eingangs-Überspannungen von bis zu  $\pm 15$  V geschützt.

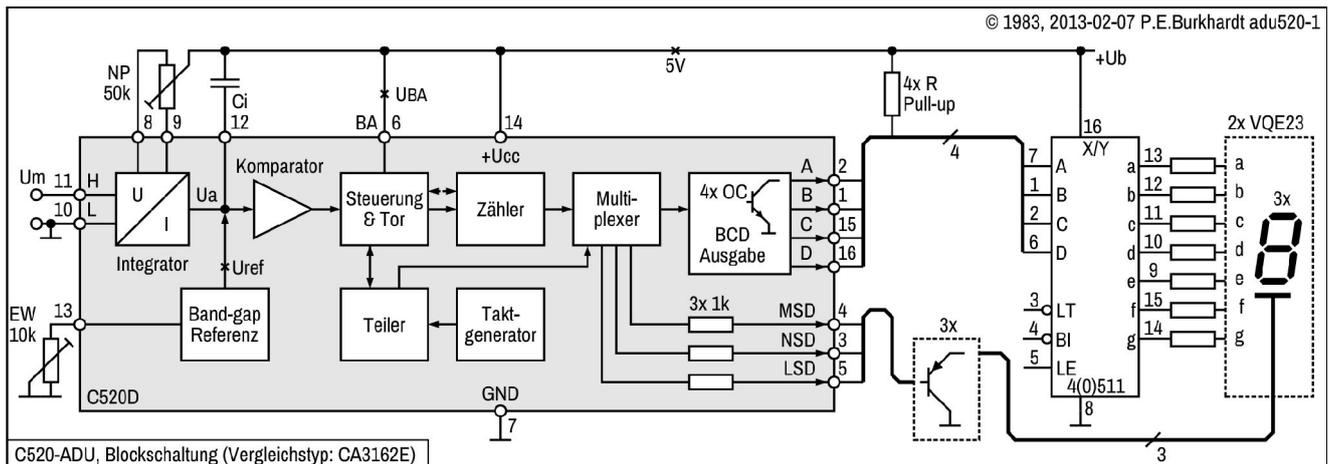
Die Mess-Spannung  $U_m$  an den Pins 11 und 12 wird in einen Strom umgesetzt, der den am Pin 12 angeschlossenen Integrationskondensator  $C_i$  zeitlinear auflädt. Dies geschieht in der ersten Phase der Dual-Slope-Wandlung.

Der UI-Wandler besteht aus einem Differenzverstärker mit Darlingten-Eingängen und einigen Stromquellen. Über die Pins 8 und 9 ist extern der Offset abgleichbar, d.h. praktisch, die Anzeige wird mit Einstellregler NP auf 000 gestellt.

### Gleichtaktunterdrückung am Eingang

Zu beachten ist, dass es sich am Eingang Pin 11 und 12 nicht um echte Differenzeingänge handelt. Daraus resultiert ein recht geringer Gleichtakt-Eingangsspannungsbereich von -200 mV bis +200 mV. Gleichtakt-Störspannungen, die außerhalb dieses Bereichs liegen, werden nicht unterdrückt. Typisch ist allerdings ein Bereich zwischen -280 mV bis +280 mV.

Die Gleichtaktunterdrückung (und damit die Unterdrückung von Gleichtaktstörungen) ist vom Messpegel abhängig. Bei 0 mV beträgt sie typisch 48 dB, bei +900 mV dagegen nur 42 dB. Sich ändernde Gleichtaktspannungen führen also zu Messfehlern. Eine permanent anliegende und sich nicht ändernde Gleichtaktspannung kann allerdings mit Nullpunkt- und Endwertabgleich eliminiert werden und führt nicht zu Messfehlern.



(Bild-Wiederholung)

### Komparator (Trigger)

Der Ci-Ladezustand muss ausgewertet werden. Der Komparator schaltet bei ca. 4,3 V um. Er startet bzw. stoppt bei diesem Schwellwert den Zähler, abhängig davon, welche ADU-Phase gerade abgearbeitet wird. Die Komparator-Ausgangspegel sind I<sup>2</sup>L-gerecht (50 mV für L, 660 mV für H) und damit zur Ansteuerung des C520-Digitalteils geeignet.

### Referenzspannung Uref (Band-gap-Referenz)

Uref wird nach dem Band-gap-Prinzip erzeugt. Das sichert eine langzeitstabile und relativ temperaturunabhängige Spannungsreferenz. Das ist auch notwendig, da Uref unmittelbar das Umsetzergesamt beeinflusst.

Prinzipiell wird bei der Band-gap-Referenz das Temperaturverhalten durch das Flächenverhältnis zweier Transistoren und zweier Widerstände bestimmt. Genauer gesagt, der Temperaturkoeffizient TK dieser Bauelemente bestimmt, wohin Uref bei Temperaturänderung driftet. Durch eine sorgfältige Dimensionierung auf dem Chip kann der Uref-TK idealerweise Null sein.

Mit Uref folgt im C520 ein Referenzstrom, der den Kondensator Ci in der zweiten ADU-Phase entlädt. Die Höhe dieses Stroms kann am Pin 13 mit dem Einstellregler EW verändert werden, d.h. praktisch, EW wird bei 999 mV Eingangsspannung so eingestellt, dass digital 999 angezeigt werden.

Endwertregler EW und der weiter oben beschriebene Nullpunktregler NP sind die einzig notwendigen C520-Einstellelemente. Langzeitstabile Regler mit geringem TK vorausgesetzt, muss der Abgleich nur einmalig bei C520-Inbetriebnahme durchgeführt werden.

### Taktgenerator (Oszillator)

Der 9-stufige Ringoszillator schwingt mit einer Frequenz zwischen 200 kHz und 1,3 MHz, je nach C520-Exemplar. Diese Bandbreite wirkt sich aber nicht negativ auf die AD-Umsetzung aus. Gefordert und auch gewährleistet ist entsprechend dem Umsetzungsprinzip eine hohe Kurzzeitstabilität für Zeiten bis 5 ms.

Alle anderen Takte werden aus diesem zentralen Taktgenerator abgeleitet, d.h. aber auch z.B., die Umsetzrate schwankt je nach C520-Exemplar in weiten Grenzen.

### Frequenzteiler

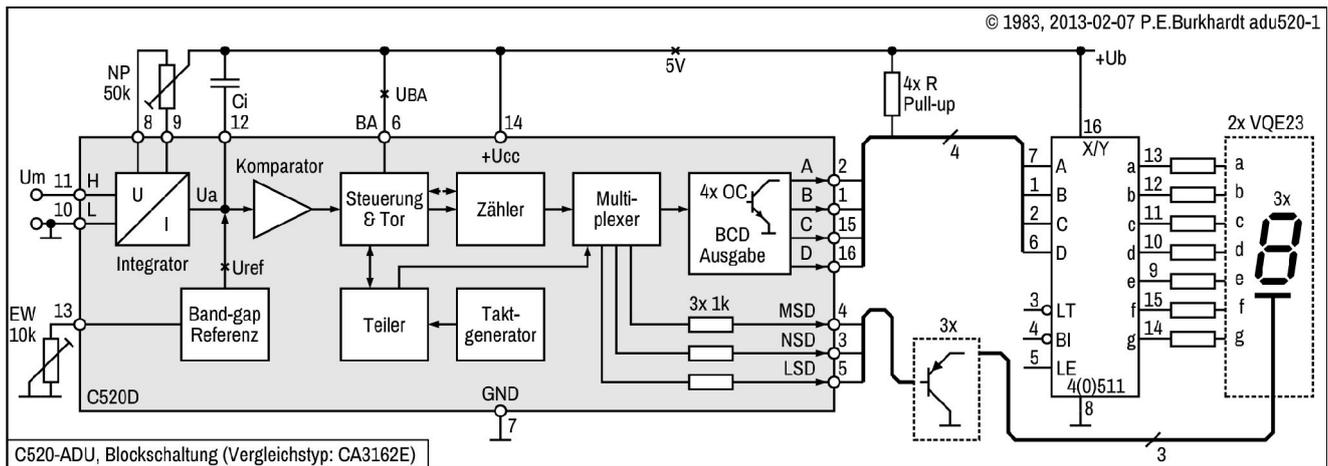
Der Teiler teilt die Oszillatorfrequenz auf die entsprechenden Frequenzen zur zeitlichen Steuerung der Integrationszyklen. Auch der Multiplextakt wird so gewonnen. Entsprechend der schnellen oder langsamen Betriebsart wird die Frequenz an unterschiedlichen Punkten der Teilerkette abgenommen. Jedes der 19 T-Flip-Flops des Teilers besteht aus 7 I<sup>2</sup>L-Gattern.

### Zähler und Zählerlogik

Der synchrone Zähler besteht aus D-Flip-Flops und ist für 3 1/2 Dekaden ausgelegt. Sein maximaler Zählerstand ist 1999. Die Tausenderstelle dient der Vorzeichen-Analyse, die restlichen 3 Dekaden der Messwertfassung.

Zu Beginn einer Messung zählt der Zähler von Null bis 880. Während dieser Zeit wird die Eingangsspannung Um integriert. Die nächsten 20 Takte benötigt der C520 für interne Umschaltvorgänge.

Der negative Messbereich -1...-99 mV wird mit den Zählschritten 901 bis 999 ausgewertet. Dabei entspricht der Zählerstand 901 dem Wert -99 mV. Eine zusätzliche Negation und Komplementbildung sorgt für die nötige Umkodierung. Gelöscht wird das negative Vorzeichen mit dem Übergang vom Zählschritt 999 zum Zählerstand 1000.



C520-ADU, Blockschaltung (Vergleichstyp: CA3162E)

(Bild-Wiederholung)

Das negative Vorzeichen wird aus der 9 der 3. Dekade gewonnen und mit einer 10 (BCD: 1010) im MSD (Most Significant Digit) ausgegeben.

Der negative Überlauf wird registriert, wenn Um von -99 mV nach -100 mV wechselt. In diesem Fall wird die 10 (BCD: 1010) in allen 3 Digits ausgegeben (MSD, NSD und LSD).

Der positive Messbereich 000 mV bis 999 mV entspricht den Zählschritten 1000 bis 1999. Die führenden Nullen werden nicht unterdrückt. Der positive Überlauf wird mit Zählschritt 2000 erfasst und in allen 3 Digits mit einer 11 (BCD: 1011) ausgegeben.

Die gesamte Zählerlogik einschließlich Überlauf- und Vorzeichenausgabe ist mit ca. 35 I<sup>2</sup>L-Gattern realisiert.

### Steuerung

Die Steuerlogik ist für den richtigen Ablauf der AD-Wandlung, für das Umschalten zwischen langsamer und schneller Betriebsart, für den Hold-Betrieb und für weitere interne Steuerungsaufgaben verantwortlich.

Die Betriebsarten-Umschaltung geschieht mittels unterschiedlicher Spannungsbereiche am Pin 6.

- BA-Spannung U<sub>BA</sub> = 0...0,4 V ergibt die langsame Messrate. Der AD-Wandler führt 2 bis 7 Messungen je Sekunde aus.
- BA-Spannung U<sub>BA</sub> > 3,2 V ergibt die schnelle Messrate. Der AD-Wandler führt 48 bis 168 Messungen je Sekunde aus.
- BA-Spannung U<sub>BA</sub> von 0,8 V bis 1,6 V ergibt den Hold-Betrieb. Der Mess-Takt wird unterbrochen und damit weitere Messungen blockiert. Der letzte Messwert bleibt im Zähler stehen und ständig ausgegeben. BCD-Ausgabe und Multiplexer sind also vom Takt-Stopp nicht betroffen.

### Multiplexer und BCD-Ausgabe

Der Multiplex-Betrieb spart nicht nur Ausgangsleitungen (7 anstelle 12), sondern es wird auch nur ein externer BCD-zu-7-Segment-Dekoder benötigt (sonst 3 für die 3 Digits).

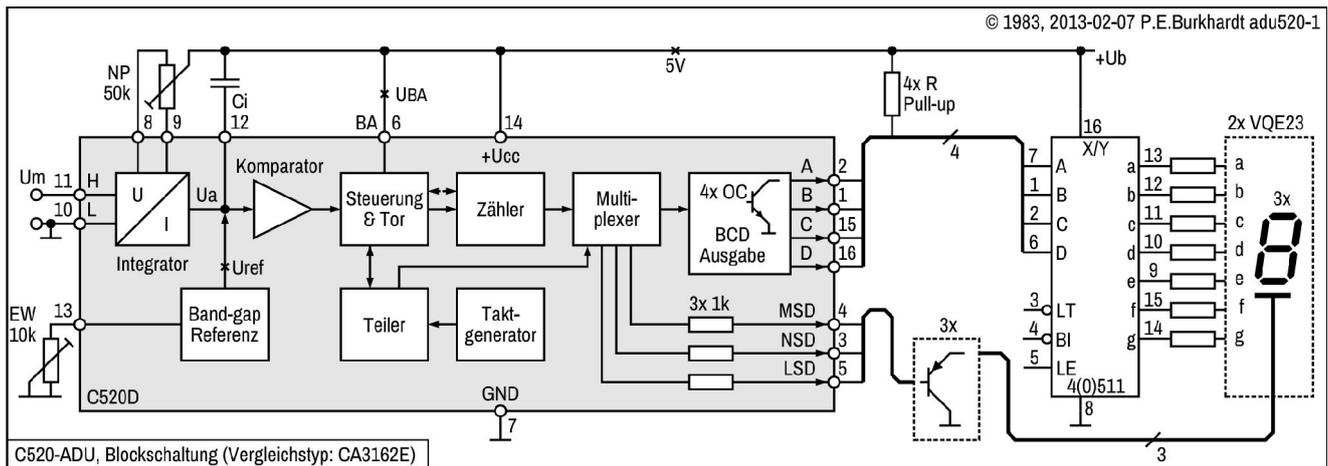
Die Ausgabe des BCD-kodierten Messwerts (Pins 2, 1, 15 und 16) für jedes einzelne Digit erfolgt nacheinander: zuerst das MSD, dann das LSD und zuletzt das NSD. Die Steuerung dazu leistet der Multiplexer. Er stellt die nötigen Signale an den Pins 4, 3 und 5 nacheinander zur Verfügung. Mit den Digit-Steuersignalen MSD, NSD und LSD wird dann über entsprechende Treiber die jeweilige Stelle der 7-Segment-Anzeige aktiviert.

Die Multiplexausgabe geschieht immer synchron zur Messrate der schnellen Betriebsart, also je nach C520-Exemplar 48 bis 168 mal je Sekunde. Das bedeutet, in der langsamen Betriebsart wird ein Messwert 24 mal ausgegeben, danach der nächste Messwert usw.

### Ausgangstreiber

Die 7 C520-Ausgänge (BCD und Digits) sind nicht Teil der I<sup>2</sup>L-Schaltung. Alle 7 Ausgänge haben offenen Kollektor (OC). Die BCD-Ausgänge können bei L typisch 1,6 mA aufnehmen. Die Digit-Ausgänge sind höher belastbar und können bei L typisch 3,2 mA (min. 1,6 mA) aufnehmen. Allerdings ist bei jedem Digit-Anschluss intern ein Schutzwiderstand von 1 kΩ in Reihe geschaltet.

Die Ansteuerung der Ausgangstransistoren erfolgt vom I<sup>2</sup>L-Teil, die Basistromversorgung über je eine pnp-Strombank für die BCD- und Digit-Ausgänge.



(Bild-Wiederholung)

BCD-zu-7-Segment-Dekoder (extern) und 7-Segment-Anzeige (extern)

Als 7-Segment-Dekoder sind verschiedene ICs einsetzbar. Klassiker ist der D146/147 (SN7446/47), möglich sind auch der D345/D346 (), der U/V40511 (HEF4511, 74HC4511) und der D347/348. Welcher Dekoder zum Einsatz kommt richtet sich auch nach der erforderlichen Ansteuerung der 7-Segment-Anzeige. Anzeigen mit gemeinsamer Anode erfordern plus-schaltende Digit-Treiber und masse-schaltende Segment-Ausgänge. Anzeigen mit gemeinsamer Kathode (wie im Blockschaltbild gezeigt) werden mit masse-schaltenden Digit-Treibern und plus-schaltenden Segment-Ausgängen versorgt.

Bei den verschiedenen Dekodern ist zu beachten, dass die C520-Überlauf- und Vorzeichen-Ausgabe am Dekoderausgang unterschiedliche 7-Segment-Anzeigebilder hervorruft. Zur anwenderfreundlichen Gestaltung der Display-Bilder muss eine auf den Dekoder abgestimmte Auswerteschaltung Verwendung finden. Im obigen Blockschaltbild ist keine Zusatzlogik gezeichnet, im Display erscheint deshalb das negative Vorzeichen mit "A", der negative Überlauf mit "AAA" und der positive Überlauf mit "bbb".

## C520-Daten und Anwendungshinweise

### Technische Daten

#### Grenzwerte

Betriebsspannung Ucc	0...+7 V
Eingangs-U (11/10) gegen GND	-15...+15 V
BCD/Digit-Ausgänge (1/2/3/4/5/15/16)	0...+7 V
BA-Anschluss Pin 6	0...+7 V
Betriebstemperatur	0...+70°C

#### Betriebsbedingungen und Kennwerte

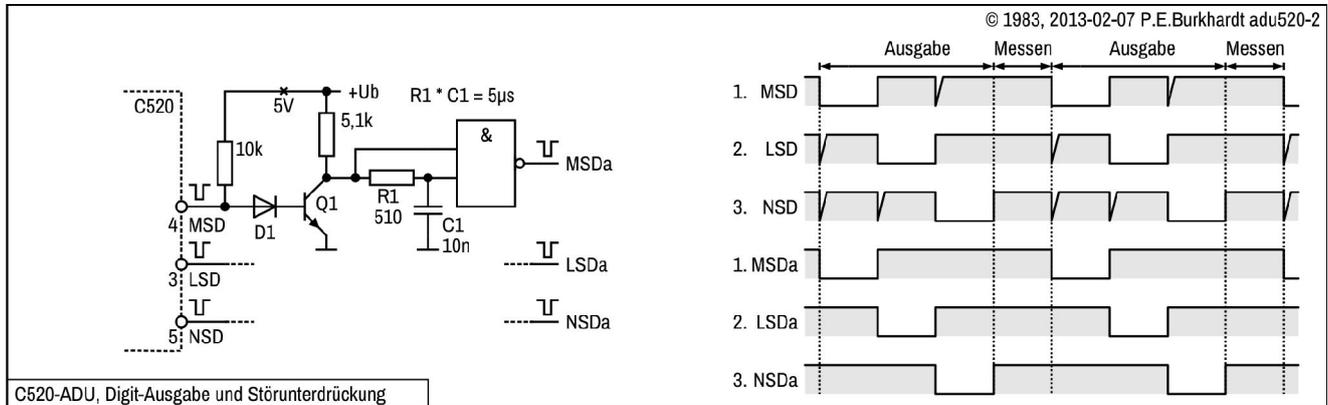
Betriebsspannung Ucc	4,5...5,0...5,5 V
Betriebsstrom Icc bei 5 V	typ. 9 mA, max. 20 mA
Verlustleistung bei 5 V	typ. 45 mW
Mess-Spannung Um (11/10)	-99...+999 mV
Eingangsstrom Im (11) bei Integration	typ. 110 nA, max. 200 nA (bei NP-Poti 47 k )
Linearitätsfehler -99...999 mV	typ. 0,05 %, max. 0,1 %
Gleichtaktspannung (11/10)	typ. -280...+280 mV, min. -200...+200 mV
Gleichtaktunterdrückung CMR Um=0 mV	48 dB
Gleichtaktunterdrückung CMR Um=900 mV	42 dB
BCD-Ausgänge IoL	max. 1,6 mA
BCD-Ausgänge UoL bei 1,6 mA	typ. 150 mV, max. 400 mV
BCD/Digit-Ausgänge Reststrom	max. 200 µA
Digit-Ausgänge IoL	min. 1,6 mA, max. 3,2 mA
Digit-Ausgabe-Reihenfolge	MSD-NSD-LSD
Digit-Ausgabe-Störnadel-Breite	ca. 3 us
Ucc-Unterdrückung SVR bei 5 V	68 db
NP-TK bei 0...70°C und Um=0 mV	25 µV/K
NP-Widerstände zwischen Pins 8/9	normal 50 k , max. 100 k
EW-TK bei 0...70°C und Um=900 mV	60 ppm/K
Nullpunktgleich (NP, 8/9)	Anzeige 000/001 bei Um=0,500 mV
Endwertgleich (EW, Pin 13)	Anzeige 900/901 bei Um=900,5 mV
UBA (6) für BA langsam (normal)	0...0,4 V
UBA (6) für BA schnell	3,3...5,5 V
UBA (6) für BA Halt	0,8...1,6 V
Umsetzrate bei BA langsam	2...4...7 Messungen/s
Umsetzrate bei BA schnell	48...96...168 Messungen/s
Messwert-Ausgabe	48...96...168 pro Sekunde

#### Allgemeine Anwendungshinweise

- Ucc mit Elko 50 µF (besser 100 µF) und Keramik-C 47 nF (besser 100 nF) abblocken
- Analog- und Digitalmasse trennen, Digitalstrom nicht über Analogmasse fließen lassen
- Tiefpassfilter vorsehen, falls Störspannungen das Mess-Signal überlagern
- Für anzeigende Systeme die langsame BA wählen, da eine lange Integrationszeit günstig zur Störunterdrückung ist.
- Integrationskondensator soll verlustarm und temperaturstabil sein
- NP- und EW-Regler hochwertig, langzeitstabil, niedriger TK (Dickschichtregler mit Spindeltrieb)
- NP- und EW-Abgleichbereich durch Widerstände eingrenzen, Wert zwischen Pins 8 und 9 etwa 50 k
- BCD-Ausgänge haben OC, deshalb Pullup-Widerstände vorsehen
- Digit-Ausgänge sind nicht TTL-kompatibel (wegen Serienwiderstand 1 k )
- Störnadeln der Digit-Ausgänge beseitigen, falls erforderlich (nicht bei anzeigendem System)
- Überlauf- und Vorzeichen-Logik entsprechend Dekoder/Anzeige vorsehen

### Störnadel-Unterdrückung der C520-Digit-Ausgabe

Die Multiplexsignale der Digit-Ausgänge enthalten Störnadeln mit einer Breite von ca. 3 Mikrosekunden. Wird der digitale Messwert nur angezeigt, spielt dies keine Rolle. Sollen die BCD-Werte weiter verarbeitet werden, stören diese Spikes, da keine korrekte Übernahme z.B. in einen Zwischenspeicher möglich ist. Eine kleine Schaltung für jedes Digit (Logik-Tiefpass) löst dieses Problem.



#### Störnadel-Unterdrückung

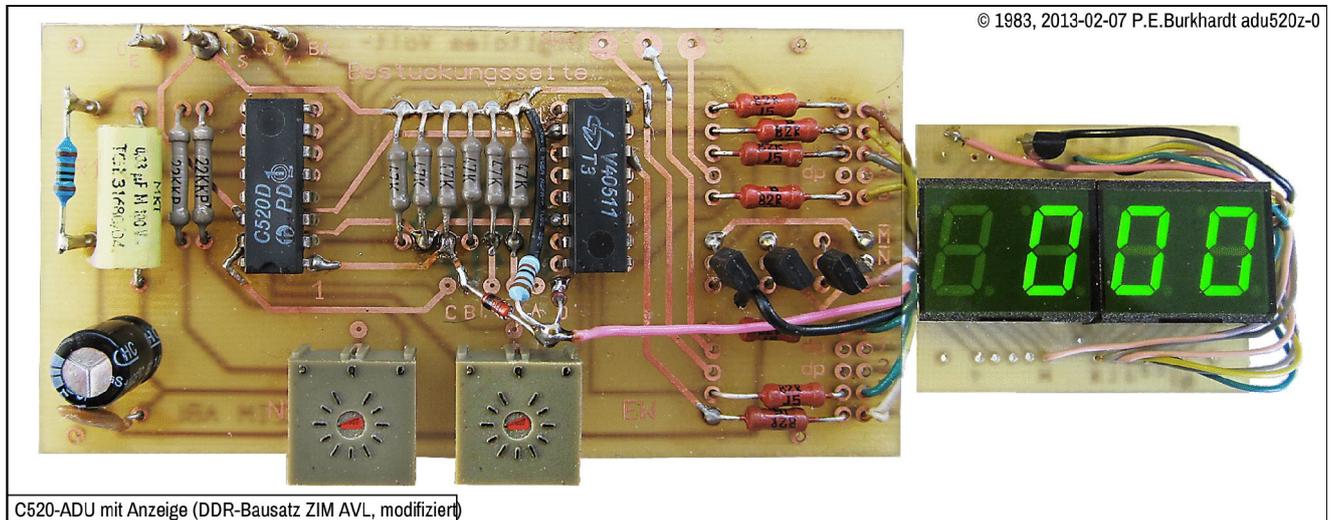
Der Negator mit Q1 muss über die Diode D1 angesteuert werden, da C520-intern ein Widerstand (1 k ) in Reihe zum OC-Ausgang liegt. Das folgende RC-Glied in Verbindung mit dem NAND-Gatter unterdrückt die Störnadeln, da der Gatter-Ausgang erst dann auf L geht, wenn beide Eingänge H-Pegel führen. Eine kurze H-Spitze liegt einmal direkt am Gatter und einmal mit R1-C1 etwas verzögert, nie aber gleichzeitig. Somit geht der Ausgang nicht auf L, die Spitze ist ausgeblendet.

Erst wenn z.B. das MSD längere Zeit L führt (am Q1-Kollektor H), wird dieses L zum Gatter-Ausgang durchgereicht, MSDa ist jetzt auch L. Das Signal MSDa enthält nun keine Störnadeln mehr und mit der MSDa-H/L-Flanke kann der MSD-BCD-Wert sauber übernommen werden.

## Schaltungen mit dem ADU C520

### C520-ADU nach DDR-Bausatz "Digitales Voltmeter", ZIM-AVL 1983

Für den Hobby-Elektroniker wurden verschiedene Bausätze angeboten, mit dem sich mit erträglichem Aufwand digitale Messgeräte realisieren ließen. Der Bausatz DIGITALES VOLTMETER (ZIM-AVL) des VEB Metallurgieelektronik Leipzig enthielt neben weiteren Zusatzbaugruppen einen C520-ADU nebst 7-Segment-Anzeige. Beide (modifizierte) Baugruppen gehören schaltungstechnisch zusammen.



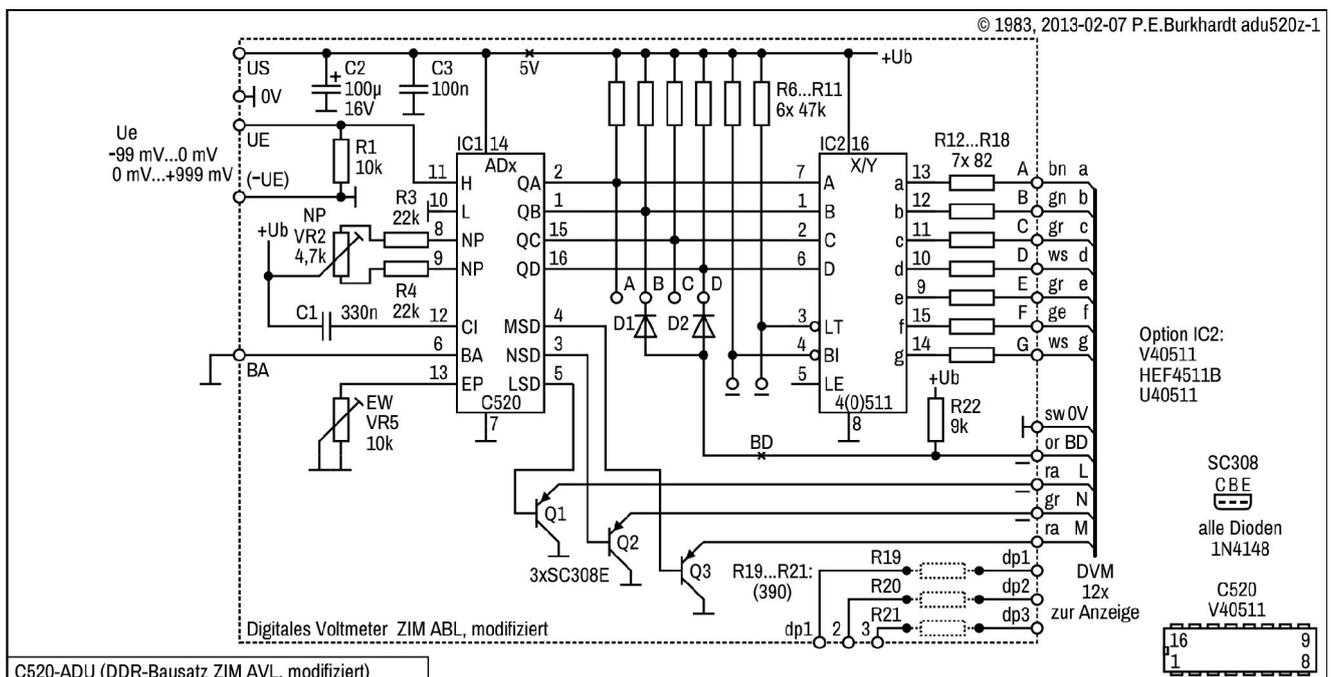
C520-ADU mit Anzeige (DDR-Bausatz ZIM AVL, modifiziert)

### C520-ADU-Baugruppe

AD-Wandler C520, BCD-zu-7-Segment-Dekoder V40511 und 3 Multiplex-Treiber sind die wesentlichen Bauelemente der ADU-Leiterplatte.

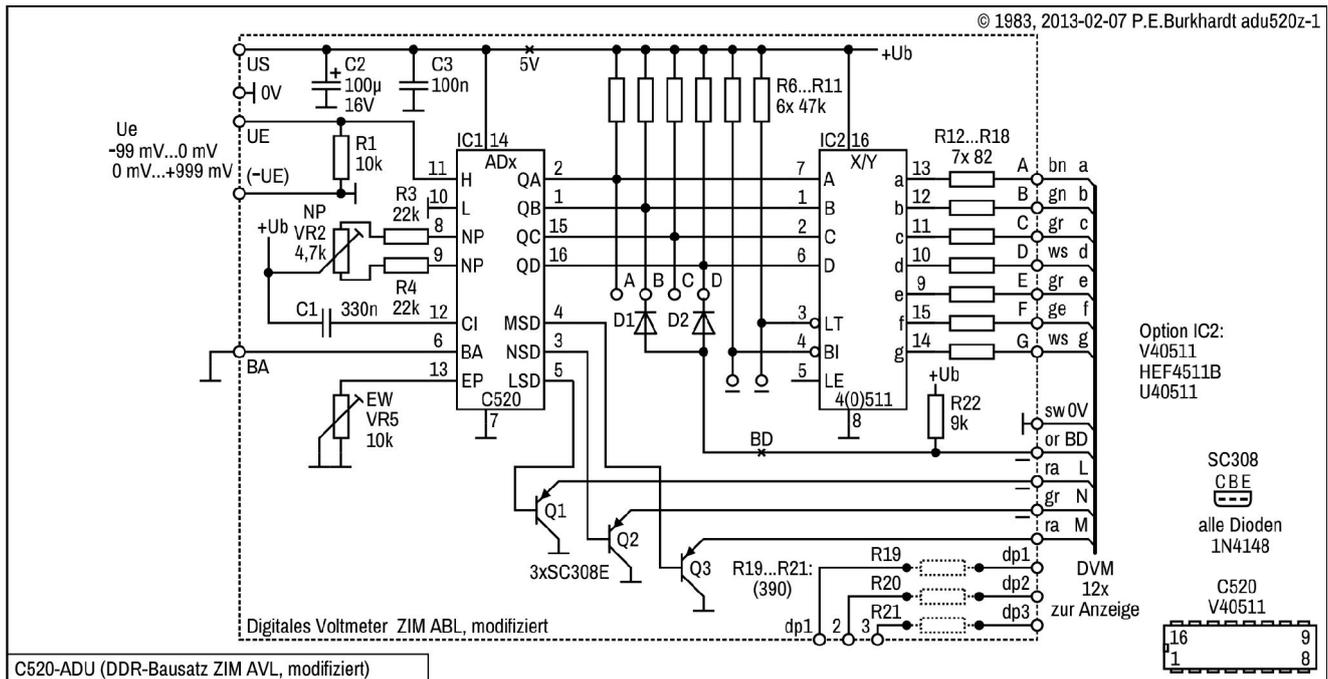
### Eigenschaften

- Eingangsspannung von -99 mV bis +999 mV, Auflösung 1 mV
- Messfehler 0,1 % ±1 Digit (entsprechend C520-Unterlagen)
- Nullpunkt- und Endwertabgleich mit 10-Gang-Einstellreglern
- C520-3-Digit-Multiplex-Ausgabe mit Treiber-Transistoren für 3-stellige Anzeige
- C520-Messwert-Ausgabe im BCD-Code
- BCD-zu-7-Segment-Dekoder V40511 zum Ansteuern der 7-Segment-Anzeigen VQE24
- Dekodierschaltung zur besseren Anzeige bei Messwert-Überlauf (teils auf der 7-Segment-Leiterplatte)
- Anschlüsse für Betriebsart BA (Umsetzrate), Lampentest /LT und Helligkeitsregelung /BI (Dunkeltastung)
- Betriebsspannung 5 V, 2-Ebenen-Leiterplatte 50x130 mm



C520-ADU (DDR-Bausatz ZIM AVL, modifiziert)

C520-ADU und Messwert-Ausgabe



(Bild-Wiederholung)

Eingangsspannung UE

Der UE-Eingang führt direkt zum Wandler und ist auf der Leiterplatte mit 10 k abgeschlossen. Falls erforderlich, kann dieser Widerstand entfernt werden. Die Ansteuerung muss niederohmig sein, wenn sich die Wandler-Linearität nicht verschlechtern soll.

Nullpunktabgleich

Zuerst sollte die Baugruppe einige Minuten laufen, damit die interne Referenzquelle auf Betriebstemperatur kommt. Außerdem sollte die Einstellung bei 20° bis 25°C erfolgen.

Nun wird bei offenem Eingang UE (aber mit Widerstand R1) der Nullpunkt-Regler NP so eingestellt, dass im Display 000 erscheint. Für genauere Einstellung kann auch mit UE = 0,500 mV der NP-Regler so justiert werden, dass die Anzeige gerade von 000 auf 001 wechselt.

Beim Wechsel von UE-Kurzschluss und offenem Eingang darf sich die 000-Einstellung nicht verändern. Ist dies der Fall, kann eine Erdschleife auf der Leiterplatte die Ursache sein. Die Bausatz-LP hat eine so ungünstige Masseführung, dass der Strom des Digitalteils mit über die Masseverbindung zwischen Pin 11 (C520-H-Eingang) und Messeingangs-Masse fließt. Eine dicke zusätzliche Drahtverbindung brachte Abhilfe.

Die Nullpunktstabilität des C520 ist ausgezeichnet. Beweis: Die Baugruppe war zuletzt im Jahre 1988 in Betrieb. Beim Anschalten in 2013 (also nach 25 Jahren!) zeigte das Display nach ca. 2 Minuten den Wert 001 (dauernd). Mehr kann man nicht verlangen, zumal der C520 intern keine Nullpunktkorrektur hat, wie dies bei modernen Chips oft der Fall ist.

Voraussetzung für einen stabilen Nullpunkt ist die gute Qualität von R3, R4 und VR2. Der Regler hat einen 10-Gang-Spindeltrieb und einen geringen TK. R3 und 4 sind Metallschicht-Rs ebenfalls mit geringem TK. Die Toleranz spielt keine Rolle.

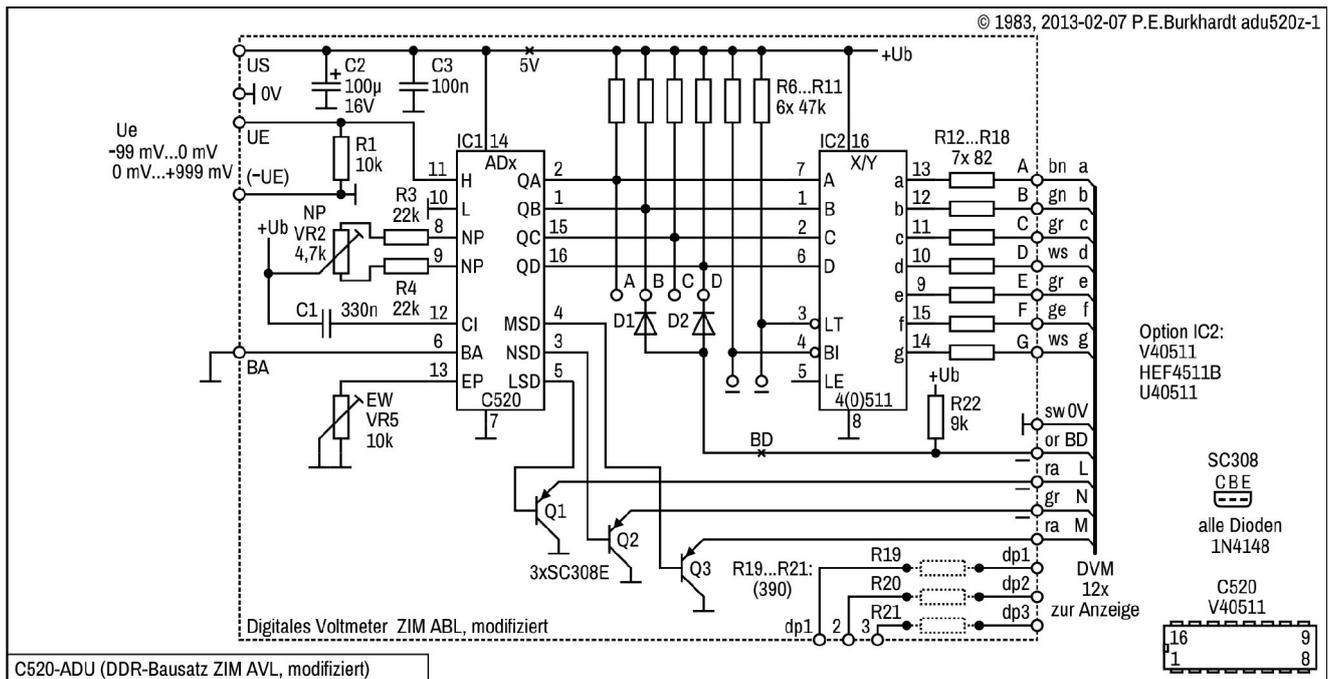
Endwertabgleich

Nach dem Nullpunkt sollte der Endwertabgleich mit einer rausch- und brummfreien Mess-Spannung erfolgen. Mit UE = 900,5 mV ist der Endwert-Regler EW so einzustellen, dass im Display die Anzeige gerade von 900 auf 901 wechselt.

Eine Rückwirkung auf die Nullpunkteinstellung ist nicht vorhanden. Trotzdem sollte der Nullpunkt nochmals kontrolliert werden. Wie auch beim Nullpunkt ist für eine stabile Endwert-Einstellung die gute Qualität des EW-Reglers VR5 Voraussetzung. Auch VR5 hat einen 10-Gang-Spindeltrieb und niedrigen TK.

Integrationskondensator C1

Auch C1 sollte ein verlustarmer und langzeitstabiler Typ sein (z.B. MKT). Die Toleranz ist nicht entscheidend. Der Wert 330 nF ist die obere Grenze entsprechend den Applikations-Empfehlungen des HFO (Halbleiterwerk Frankfurt/Oder). Ein hoher Wert ist aber vorteilhaft für die Stabilität und Linearität der ADU-Wandlung.



(Bild-Wiederholung)

Messwert-Ausgabe

Der digitale Messwert steht für jede Dezimalstelle nacheinander in der Reihenfolge MSD-LSD-NSD (Hunderter-Einer-Zehner) am BCD-Ausgang zur Verfügung. Passend dazu liefert der Digit-Ausgang (Pins 4, 3 und 5) die Multiplex-Signale zur zeitlich richtigen Ansteuerung der einzelnen Display-Stellen.

Da alles OC-Ausgänge sind, müssen Arbeitswiderstände nach +Ub geschaltet sein. Im konkreten Fall ist dies aber für die Digit-Ausgänge nicht unbedingt nötig, da pnp-Treiber (Q1 bis Q3) zum Einsatz kommen. Diese Transistoren schalten kathodenseitig die einzelnen Display-Stellen gegen GND.

BCD-zu-7-Segment-Kodierung

Der CMOS-Dekoder 40511 (DDR-Typ, entspricht 4511) ist ohne Besonderheiten, kann aber nicht die C520-Sonderzeichen auswerten. Um trotzdem für Unter- und Überlauf sowie für das negative Vorzeichen eine vernünftige Darstellung zu erhalten, wurden beide Leiterplatten des Bausatzes um eine Zusatzschaltung ergänzt. Die Dioden D1 und D2 sowie R22 sind Teil dieser Schaltung.

Auf der LP sind noch die Widerstände R19, 20 und 21 für 3 Dezimalpunkte vorgesehen, werden aber nicht genutzt.

Anzeige-Baugruppe

Die eng auf die ADU-Baugruppe abgestimmte Anzeige-Baugruppe arbeitet mit zwei 7-Segment-Anzeigen VQE23. Diese haben eine gemeinsame Kathode, die Treibertransistoren befinden sich auf der ADU-LP.

Es werden entsprechend dem C520-Anzeigeumfang nur 3 Stellen genutzt. Die Tausenderstelle bleibt frei.

DVM-Anzeige Var. 3, modifiziert

C520-ADU-Anzeige mit VQE23 (DDR-Bausatz ZIM AVL, modifiziert)

© 1983, 2013-02-07 P.E.Burkhardt adu520z-2

Anzeige mit V40511, Q4-Überlaufkodierung und 2x VQE23:

C520 Ue[mV]	V40511-Ausgabe	V40511-Ausgabe + Überlaufkodierung
≥ 1000 pos. Überlauf	bbb	---
234 pos. Wert	234	234
0 Null	000	000
-89 neg. Wert	889	-89
≥ -100 neg. Überlauf	AAA	---

alle Dioden 1N4148 Q4: C945BL  
Option: rot: VQE13, TLR324 grün: VQE23, TLG324  
ECB (B>300)

Neben den Anzeigen sind fast alle Bauelemente der Überlauf-Schaltung einfach auf der Leiterseite angelötet worden. Es handelt sich um die Dioden D3 bis D7. Die genaue Display-Anzeige bei C520-Ansteuerung und 40511-Dekodierung zeigt die Darstellung rechts im Bild, und zwar einerseits ohne und andererseits mit Überlauf-Schaltung.

Überlauf-Schaltung im Detail

Da die Überlauf-Schaltung auf beide Baugruppen verstreut ist, sind im folgenden Bild die wichtigsten Bauelemente nochmals im Zusammenhang dargestellt.

520-ADU, Prinzip der Überlaufkodierung

© 1983, 2013-02-07 P.E.Burkhardt adu520z-3

C520-Ausgabe BCD-Code	Q4		40511-Ausgabe VQE23-Segmente, 1=EIN							M	N	L			
	BD	BD	a	b	c	d	e	f	g						
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
3	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
5	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
10	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
11	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

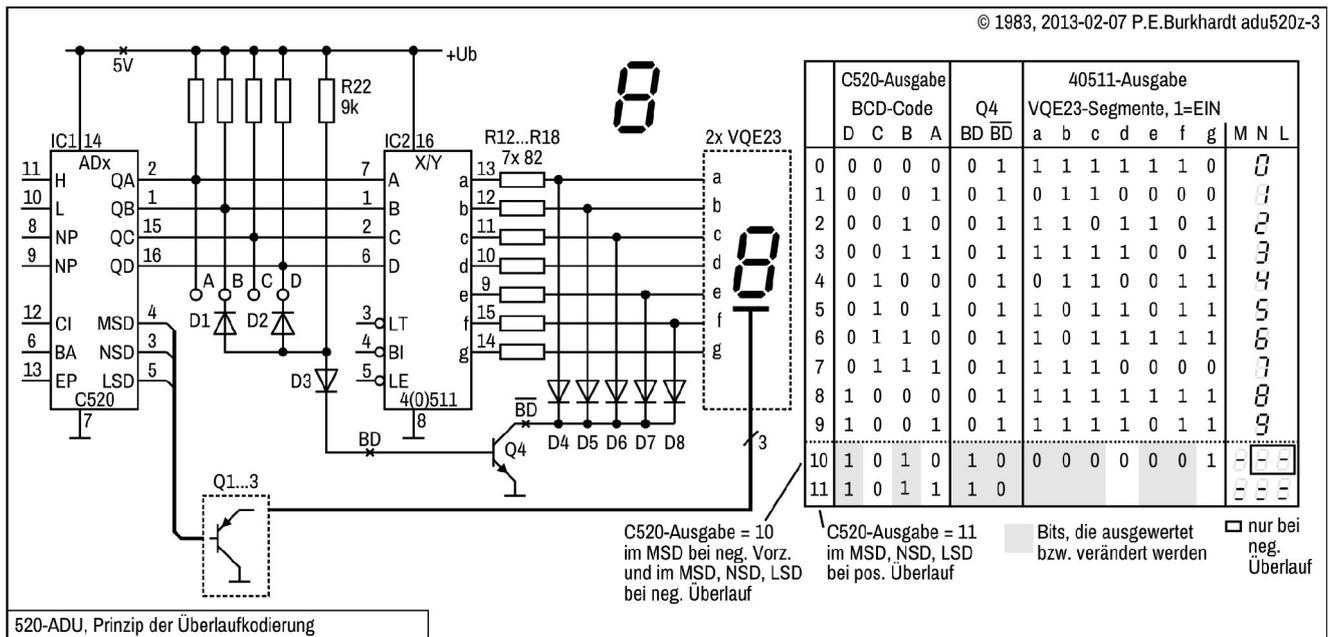
C520-Ausgabe = 10 im MSD bei neg. Vorz. und im MSD, NSD, LSD bei neg. Überlauf

C520-Ausgabe = 11 im MSD, NSD, LSD bei pos. Überlauf

Bits, die ausgewertet bzw. verändert werden

nur bei neg. Überlauf

Zur Überlauf- und Vorzeichen-Dekodierung gehören die Bauelemente D1 bis D8, R22 sowie Transistor Q4.



(Bild-Wiederholung)

Wirkung D1, D2 und R22

Der C520 gibt für Über-/Unterlauf und Vorzeichen entweder eine 10 oder eine 11 aus (dezimal). Nur bei 10 oder 11 sind aber die Leitungen B und D gleichzeitig H.

In allen anderen vom C520 gelieferten BCD-Kombinationen liegt mindestens eine von B und D auf L. Bei L sind aber D1 und/oder D2 in Durchlassrichtung gepolt, d.h. das Potential am Knoten R22-D1/D2 ist ebenfalls L. Damit kann Q4 über D3 nicht angesteuert werden, Q4 und die Dioden D4 bis 8 bleiben gesperrt und die normale Anzeige unbeeinflusst.

Wirkung D3, Q4 und D4 bis D8

Zurück zur Ausgabe 10 und 11: Leitung B und D führen H, die Dioden D1 und 2 sind gesperrt, der Knoten R22-D1/D2 führt H. Jetzt kann über D3 Q4-Basisstrom fließen, Q4 steuert durch. Das hat zur Folge, dass alle Display-Segmente außer d und g über die Dioden D4 bis D8 auf GND gezogen werden. Die Segmente a, b, c, e und f können nicht leuchten. In welchen Display-Stellen dies geschieht, bestimmt der C520 über die Digit-Ausgabe.

Wirkung bei positivem Überlauf

Eine 11 wird in allen Digits ausgegeben (d.h. für alle Dezimalstellen), und zwar nur bei positivem Überlauf. Nur Segment d und g können leuchten (in allen Stellen), da alle anderen Segmente durch D4 bis 8 unterdrückt werden. Ohne Überlauf-Dekodierung würde bbb zu sehen sein.

Wirkung bei negativem Vorzeichen

Eine 10 wird nur im MSD bei negativen Vorzeichen ausgegeben. Das bedeutet, nur in der Tausender-Stelle sind die Dioden D4 bis 8 wirksam. Segment a, b, c, e und f werden unterdrückt, nur d und g könnten leuchten. Da aber die 10 dem hexadez. A entspricht, leuchtet am Ende nur Segment g (d ist ja bei einem A nicht belegt).

Wirkung bei negativem Überlauf

Eine 10 wird aber auch bei negativem Überlauf ausgegeben, und zwar in allen 3 Digits. Das hat zur Folge, dass jetzt in allen Display-Stellen das Segment g leuchtet. Ohne Überlauf-Dekodierung würde AAA zu sehen sein.

Fazit zum Anzeigebild

Die sich ergebende Anzeige der C520-Sonderzeichenausgabe ist sinnvoll, da vor allem ein Unterschied zwischen positivem und negativem Überlauf erkennbar ist. Auch das Vorzeichen ist wie üblich dargestellt.

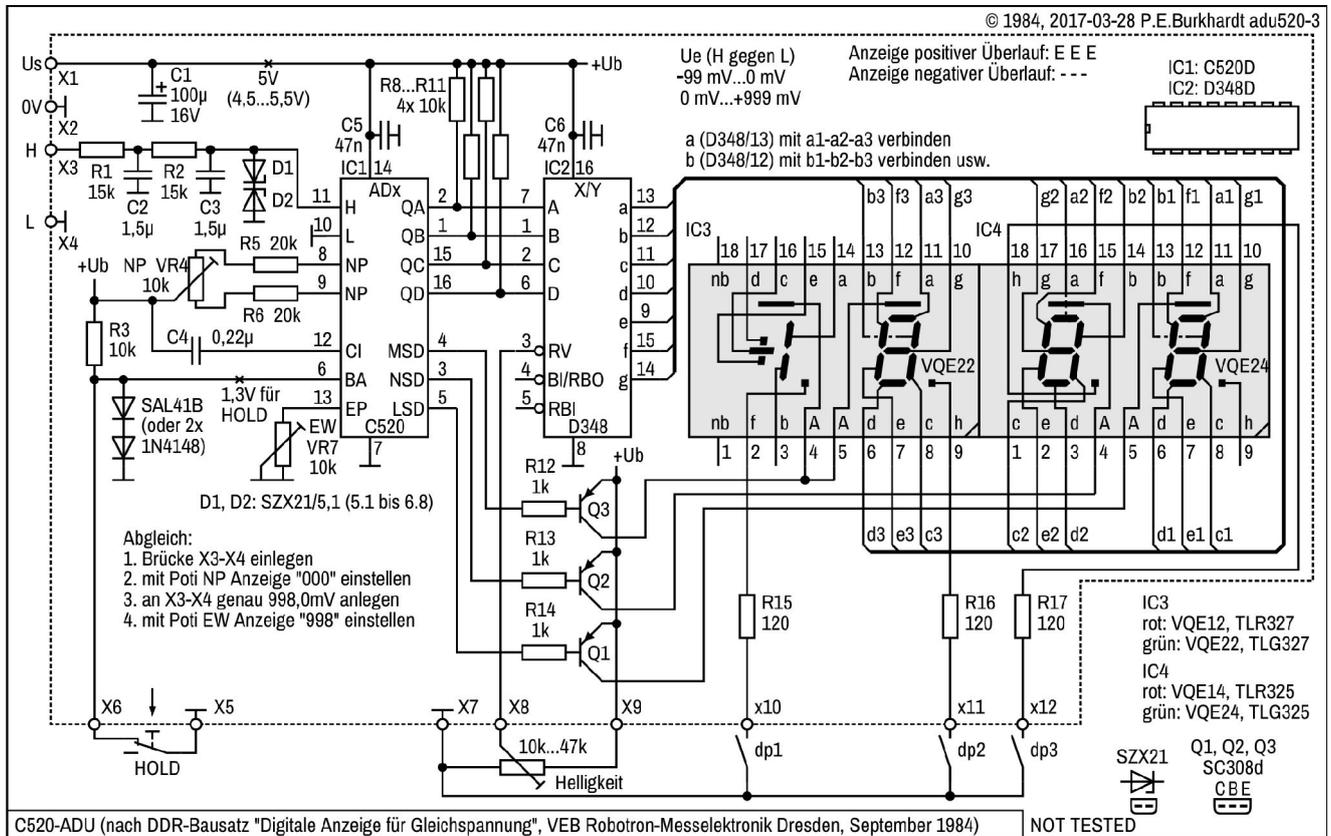
Die Schaltung gilt für die 7-Segment-Dekoder D345, D346, V40511, U40511 und den int. Typ 4511. Bei anderen 7-Segment-Dekodern muss das Anzeigebild überprüft und die Überlauf-Dekodierung entsprechend angepasst werden.

Fazit

Die beschriebene Baugruppenkombination ist für bestimmte Fälle immer noch einsetzbar. Die Qualität und Stabilität ist, bezogen auf den C520-vorgegebenen Messbereich und die 1-mV-Auflösung, durchaus mit modernen Anzeigen vergleichbar.

C520-ADU nach DDR-Bausatz "Digitale Anzeige für Gleichspannung", 1984/09

Der DDR-Bausatz "Digitale Anzeige für Gleichspannung" war im September 1984 erhältlich. Auch der VEB Robotron-Messelektronik "Otto Schön" in Dresden musste seinen Beitrag zur Intensivierung der DDR-Mikroelektronik leisten und ein entsprechendes Konsumgüter-Produkt zur Verfügung stellen.



Wesentliche Eigenschaften

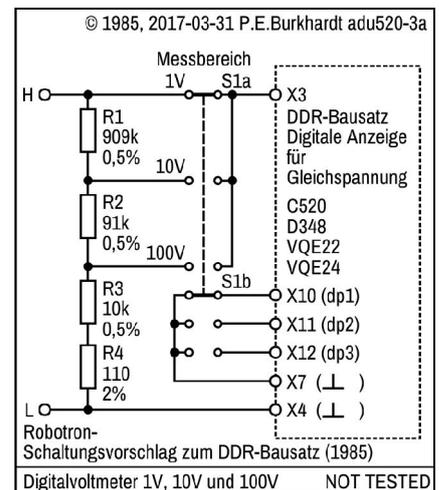
- C520D als ADU mit eingangsseitigem Filter gegen 50Hz-Störungen
- D348D-Dekoder zur Wandlung vom BCD-Code zum 7-Segment-Code
- Grüne 7-Segment-Anzeigen VQE22 und VQE24
- Eine Leiterplatte mit Stecklötösen, Anzeigeeinheit abtrennbar zur separaten Montage an der Frontplatte
- Massebezogene Gleichspannungsmessung im Bereich -99 mV bis +999 mV
- Versorgung der Baugruppe mit +5 V (nicht im Lieferumfang)

In der Bauanleitung sind folgende Anwendungsmöglichkeiten genannt:

- DC-Digitalvoltmeter für die Messbereiche 1 V, 10 V und 100 V (Umschaltung siehe Bild rechts)
- Digitales Ohmmeter
- Digitaler Winkelmesser
- Digitales Minimometer mit hohem Eingangswiderstand, rfe 1983/9 Seite 564, Schlenzig, K.
- Vorschlag für ein Digital-Multimeter, FA 1984/1 Seite 26, Kuban, J.

Zur Stromversorgung werden 4 in Reihe geschaltete 1,5V-Zellen R14/R16 empfohlen, wobei zum Schutz vor Falschpolung eine Diode SY360/05 in die Zuleitung zu schalten ist. Nach Baugruppen-Herstellerangabe führt Falschpolung zur Zerstörung der Schaltkreise.

Besser ist m.E. nach die Versorgung aus einem stabilisiertem Netzteil, da so mit Sicherheit die zulässige Versorgungsspannung des C520 und auch des D348 eingehalten werden kann.

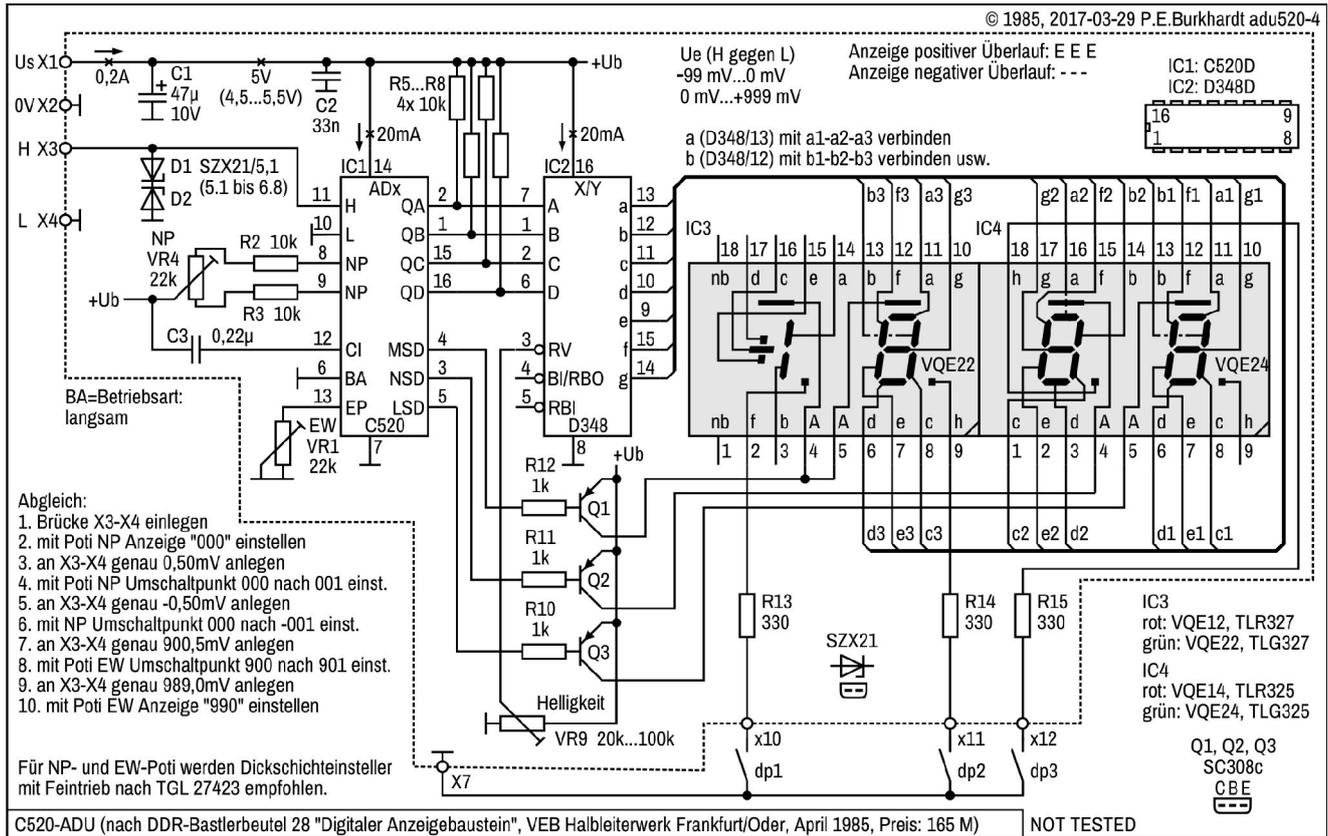


### C520-ADU nach DDR-Bastlerbeutel 28 "Digitaler Anzeigebaustein", 1985/04

Der "Digitale Anzeigebaustein" vom April 1985 ist als DDR-Bastlerbeutel Nr. 28 vom HFO (Halbleiterwerk Frankfurt/Oder) vertrieben worden.

#### Wesentliche Eigenschaften

- C520D als ADU mit eingangsseitigem Überspannungsschutz mittels Z-Dioden
- D348D-Dekoder zur Wandlung vom BCD-Kode zum 7-Segment-Kode
- Grüne 7-Segment-Anzeigen VQE22 und VQE24
- Zwei Leiterplatten, die wahlweise abgewinkelt oder übereinander mittels Drahtbrücken verbunden und gehalten werden
- Massebezogene Gleichspannungsmessung im Bereich -99 mV bis +999 mV
- Versorgung der Baugruppe mit +5 V (nicht im Lieferumfang)



#### Hinweise lt. Bauanleitung

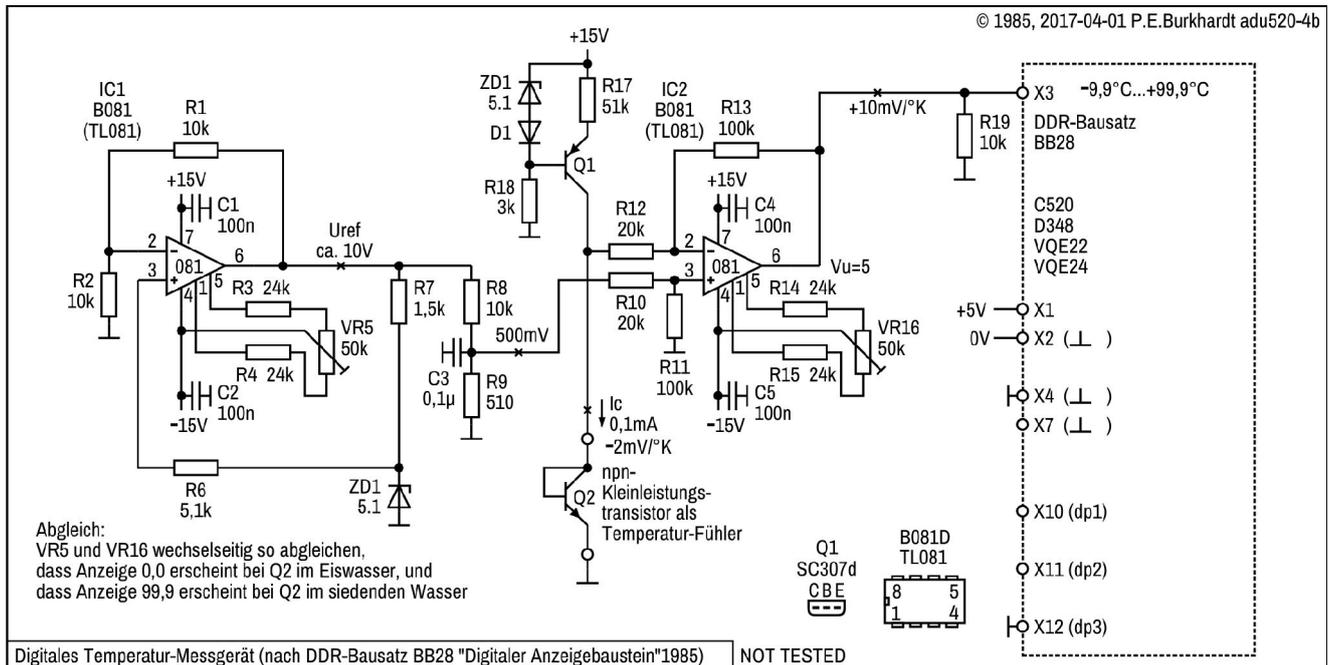
Die Messgenauigkeit des C520 ist 10 Bit bezogen auf den Endwert. Zu beachten ist, dass der C520 keine Differenzeingangsstufe hat und demzufolge nur einen geringen Gleichakteingangsspannungsbereich von ±0,2 V hat. Höhere Gleichakteingangsspannungen ergeben einen größeren Linearitätsfehler. Die Gleichaktunterdrückung beträgt typisch 48 dB bei Null Millivolt Eingangsspannung.

Die Betriebsspannungsunterdrückung ist mit 68 dB angegeben. Eine Stabilisierung der Betriebsspannung ist nicht erforderlich, solange der Bereich 4,5 V bis 5,5 V nicht überschritten wird. Da der eingesetzte Dekoder D348 sowieso nominal mit 4,75 V bis 5,25 V versorgt werden muss, sollte die Betriebsspannung diesen engeren Bereich nicht verlassen.



Anwendung als Temperatur-Messgerät

In der Bauanleitung wird ein Temperatur-Spannungs-Wandler mit zwei Opamps vorgeschlagen. Die folgende Schaltung zeigt das damit realisierbare Temperatur-Messgerät.



Schaltungsbeschreibung

Der Opamp IC1 (links im Bild) stellt eine stabile Referenzspannung von ca. 10 V zur Verfügung. Der genaue Wert hängt von der Z-Diode ZD1 ab. Diese Spannung wird auf etwa 500 mV geteilt und dem nichtinvertierenden Eingang des zweiten Opamp (rechts im Bild) zugeführt.

Eine Konstantstromquelle mit dem Transistor Q1 speist den als Temperaturfühler verwendeten Transistor Q2 mit etwa 0,1 mA. Je nach Q2-Temperatur ändert sich auch die Q2-Basis-Emitter-Spannung. Diese Änderung beträgt etwa -2 mV je °C, ist aber vom Transistor-Exemplar abhängig. Das negative Vorzeichen bedeutet, die Q2-UBE sinkt, wenn die Temperatur steigt.

Die temperaturabhängige Mess-Spannung liegt am invertierenden IC2-Eingang an. Am Ausgang des Opamp ergibt sich durch den Vergleich mit der Referenzspannung und die eingestellte Verstärkung von  $V_u = 5$  eine Steilheit von 10 mV/°C. Das bedeutet, die vom C520 gewandelte Eingangsspannung von -99 mV bis +999 mV ist als Temperatur von -9,9°C bis +99,9°C ablesbar.

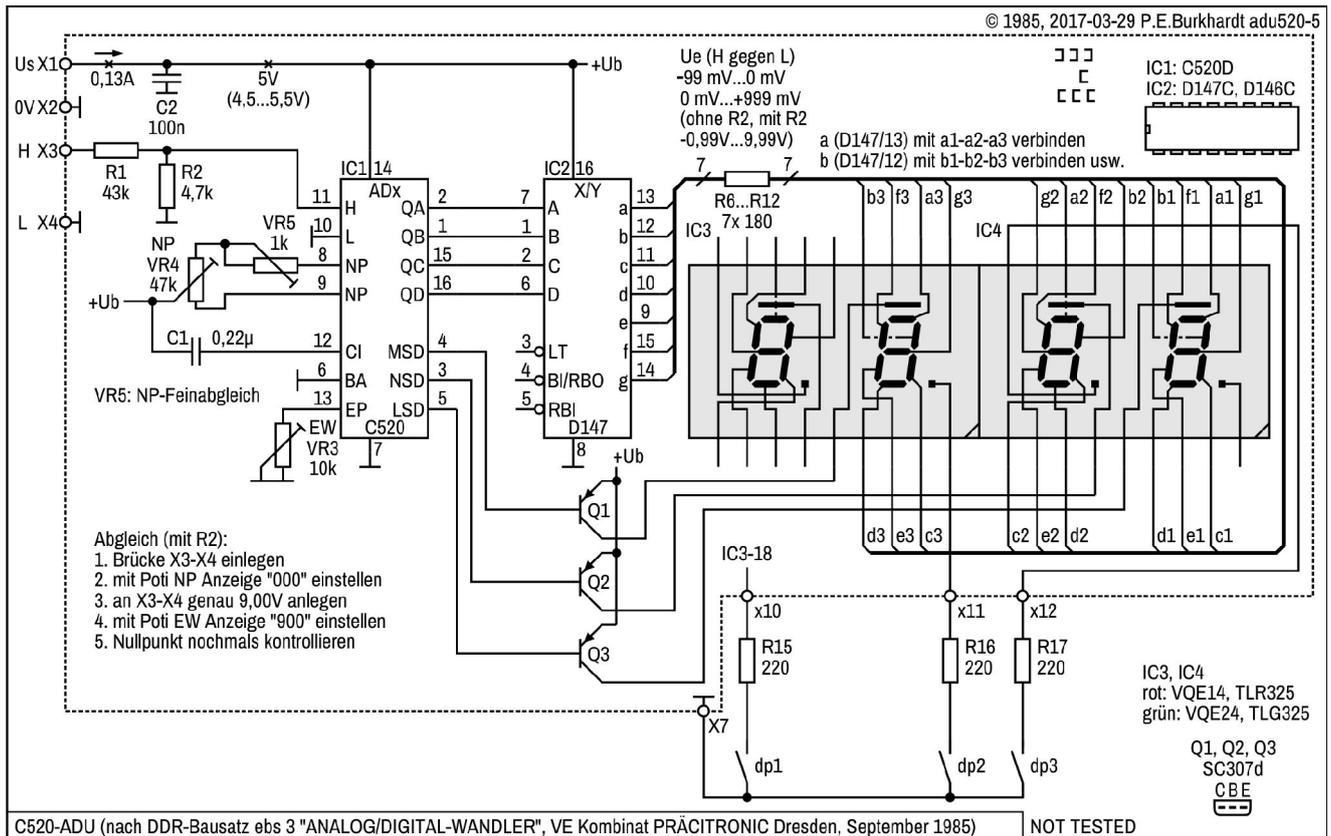
Der als Diode geschaltete Transistor-Temperaturfühler Q2 sollte ein Transistor mit möglichst geringer Masse sein, damit sich umgebende Temperaturänderungen schnell als UBE-Änderungen bemerkbar machen. Vorteilhaft sind Transistoren für Oberflächenmontage, aber auch normale Kleinleistungstransistoren mit Plastik-Gehäuse sind möglich. Zum Schutz des Fühlers sollte der Transistoren inklusive seiner Anschlüsse wasser- und hitzefest vergossen werden.

## C520-ADU nach DDR-Bausatz EBS 3 "Analog/Digitalwandler", 1984/03

Auch das VE (VolksEigene) Kombinat PRÄCITRONIC Dresden hatte in 1984 einen "ebs" (Elektronikbaustein) mit der Nr. 3 angeboten, der als "Analog/Digitalwandler" den ADU C520 enthält.

## Wesentliche Eigenschaften

- C520D als ADU mit eingangsseitigem Spannungsteiler 10:1 (wahlweise)
- D147C-Dekoder zur Wandlung vom BCD-Kode zum 7-Segment-Kode
- Grüne 7-Segment-Anzeigen 2x VQE24
- Eine Leiterplatte, die alle Bauelemente der ADU-Baugruppe enthält
- Massebezogene Gleichspannungsmessung im Bereich -0,99 V bis +9,99 V (mit Teiler) oder -99 mV bis +999 mV (ohne Teiler)
- Versorgung der Baugruppe mit +5 V (nicht im Lieferumfang)



## Hinweise lt. Bauanleitung

Soll der Nullpunktfeinabgleich von der Leiterseite aus (d.h. also im eingebauten Zustand der Baugruppe von der Frontplatte aus) möglich sein, ist das 2k -Poti VR5 so anzuordnen, dass es durch ein entsprechendes Loch in der Frontplatte des fertigen Geräts (z.B. ein Digital-Voltmeter) verstellbar ist.

Der dem C520-Eingang vorgeschaltete Spannungsteiler kann umgangen werden. Dazu wird einfach Widerstand R2 weggelassen. Den Eingangswiderstand bestimmt dann die ansteuernde Baugruppe.

Die Wandler-Betriebsart ist auf "langsame Wiederholrate" festgelegt (C520 Pin 6 auf GND). Das sichert eine gute Störunterdrückung des Messwerts. Für "schnelle Wiederholrate" ist Pin 6 auf +5 V zu legen. Bei Anlegen einer Spannung zwischen 0,8 V und 1,6 V an Pin 6 wird der zuletzt gemessene Wert im C520 gespeichert, d.h. der zuletzt gemessene Wert wird dauerhaft angezeigt.

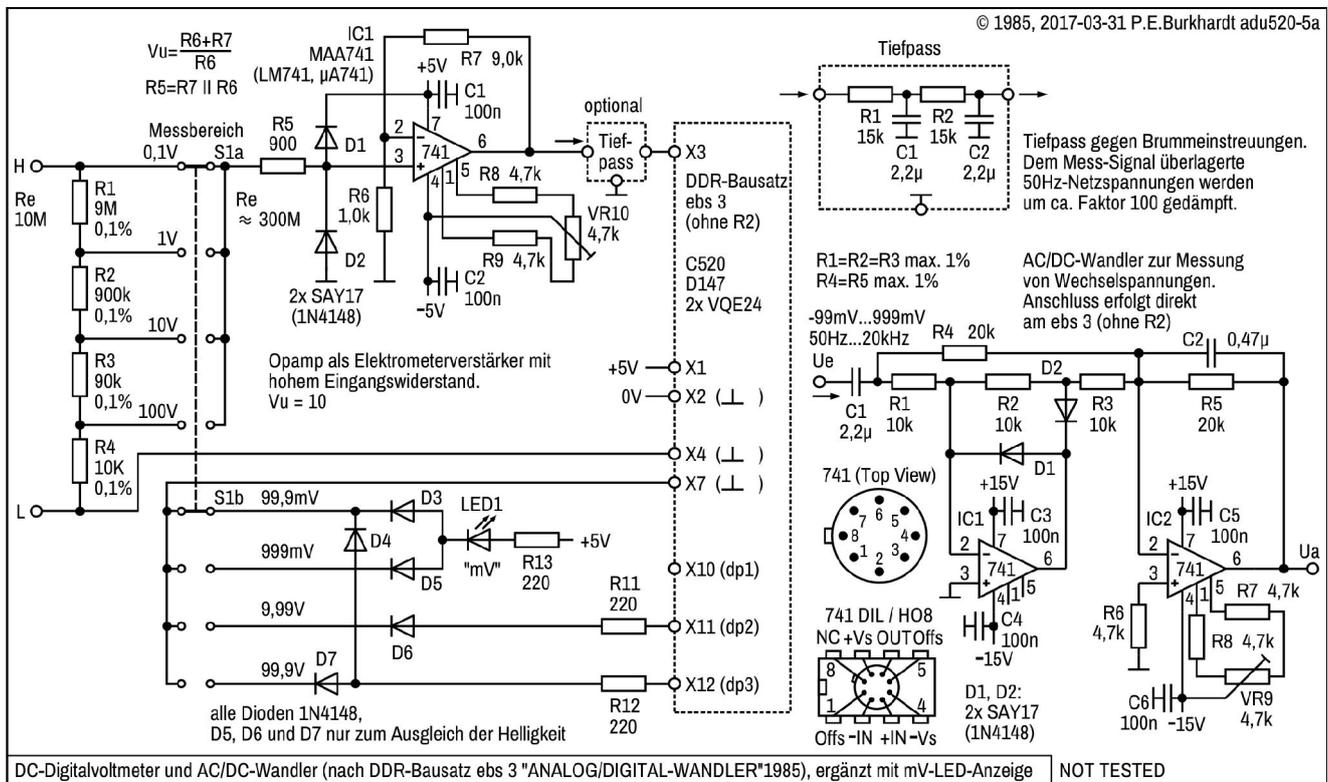
Ohne zusätzliche Dekodierung lässt der TTL-Dekoder D147 nur eine Ausgabe des negativen Vorzeichens mit einem "c" zu. Auch die positive und negative Messbereichsüberschreitung wird kodiert angezeigt (siehe Bild). Der Dekoder D348 liefert Anzeigen, die sinnvoller sind. Im EBS3-Bausatz wird aber der D147 geliefert.

## Hinweis zur Änderung gegenüber dem Original-Schaltplan

Von den 4 7-Segment-Anzeigen (2x VQE24) werden nur 3 genutzt. Im Originalplan ist die niederwertigste Stelle frei. In der obigen Schaltung ist die höherwertigste Stelle frei, so wie bei den anderen Bausätzen auch. Alle Digit-Segmente a bis g sind parallel geschaltet. Zwischen den Segmenten und dem Dekoder-Ausgang ist je ein Widerstand zur Strombegrenzung geschaltet, da der D147 nur OC-Ausgänge hat.

Anwendung als DC-Digitalvoltmeter

Entsprechend Bauanleitung wird ein Vorverstärker mit dem Opamp MAA741 (ersatzweise LM741) vorgeschlagen. Die erweiterte Schaltung mit Umschaltung des Dezimalpunktes und Anzeige der Millivolt-Messbereiche zeigt das folgende Bild (links im Bild).



Schaltungsbeschreibung

Der Opamp arbeitet in Elektrometerschaltung, d.h. als nichtinvertierender Verstärker, und hat deshalb einen sehr hohen Eingangswiderstand. Der vorgeschaltete Mess-Spannungsteiler und damit der resultierende Gesamt-Eingangswiderstand kann deshalb mit 10 MΩ relativ hochohmig sein. Allerdings ist ein sorgfältiger Opamp-Nullpunktgleich mit dem Poti VR10 erforderlich. Der Nullpunktgleich des C520 sollte vorher exakt lt. Anweisung eingestellt sein (siehe Bild zum Wandler).

Das integrierende Zweiflanken-Verfahren der Analog-Digital-Wandlung des C520 unterdrückt mögliche Störungen weitgehend. Zur zusätzlichen Brummspannungsunterdrückung kann ein Tiefpass eingefügt werden, der bereits bei 50 Hz eine 100-fache Unterdrückung aufweist. Die Kondensatoren des Tiefpasses dürfen keine Elkos sein.

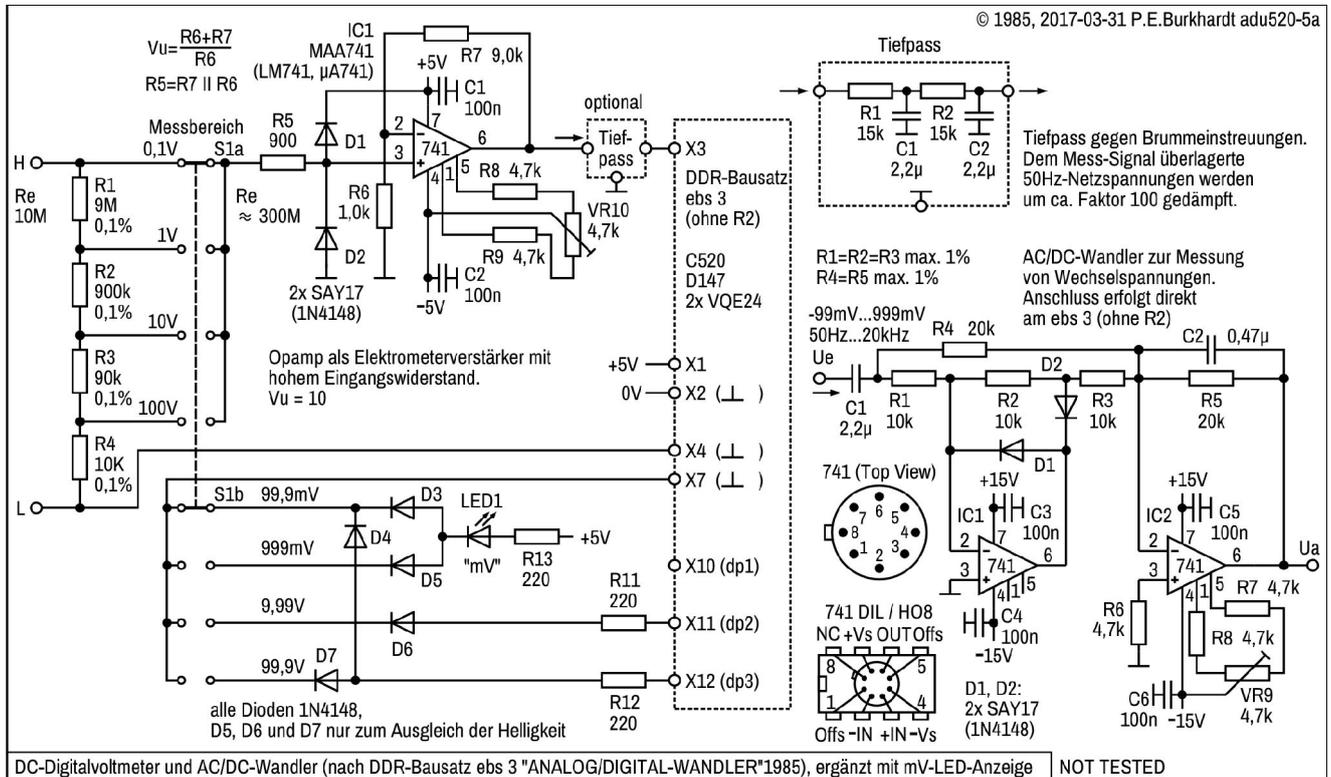
Die Umschaltung des Dezimalpunktes erfolgt mit der zweiten Ebene des Messbereichs-Schalters S1. Da zwei Messbereiche den Messwert in Millivolt anzeigen (99,9 mV und 999 mV), ist diesen Bereichen eine zusätzliche LED zugeordnet. Einige Dioden der LED-Anzeige sind nur eingefügt, um eine gleichbleibende Helligkeit des Dezimalpunktes zu garantieren.

Der Widerstand R2 in der C520-Baugruppe ist nicht bestückt, d.h. die Baugruppe wird ohne Vorwiderstand benutzt.

AC/DC-Wandler zur Messung von Wechselspannungen

In der Bauanleitung wird auch ein AC/DC-Wandler vorgeschlagen, der sich zum Messen von Wechselspannungen im NF-Bereich eignet. Die Schaltung wird unmittelbar an die Eingänge der ADU-Baugruppen angeschlossen. Widerstand R2 der ADU-Baugruppe ist nicht bestückt, d.h. es wird ohne Vorteiler gearbeitet.

Im folgenden Bild (rechts) ist die vorgeschlagene Schaltung zu sehen. Einen Schaltungstest und entsprechende Messungen habe ich nicht durchgeführt. Deshalb ist auch der Frequenzgang unbekannt. Im Original wird 50 Hz bis 20 kHz angegeben.



(Bild-Wiederholung)

Schaltungsbeschreibung

Die beiden Opamps 741 sind zum Vollwellen-Gleichrichter zusammengeschaltet (Standardschaltung). Dabei arbeitet der erste Opamp (IC1) als invertierender Einweggleichrichter und der zweite Opamp (IC2) als Summierer. Dem Summierer wird am Pin 2 die Spannung des Gleichrichterausgangs (R3) und die Eingangsspannung (R4) zugeführt. Am IC2-Ausgang Pin 6 ergeben sich positive Halbwellen. Kondensator C2 sorgt für Glättung der gleichgerichteten Ausgangsspannung (Tiefpass-Filter 1. Ordnung).

Mit Poti VR9 erfolgt der Offset-Abgleich, nachdem der Nullpunkt auf der ADU-Baugruppe eingestellt wurde.

Die Ansteuerung des AC/DC-Wandlers sollte niederohmig erfolgen, da der Eingangswiderstand der gezeigten Schaltung nur 6,66 k beträgt. Jeder zusätzliche Serien-Eingangswiderstand verschlechtert das gleichgerichtete Ausgangssignal. Vorteilhafterweise sollte ein Opamp-Spannungsfollower vor den AC/DC-Wandler geschaltet werden.

Die Betriebsspannung der Opamps ist mit ±15 V relativ hoch, damit sich an den Bereichsgrenzen (obere bzw. untere mögliche Messfrequenz) nicht zu hohe Fehler ergeben.

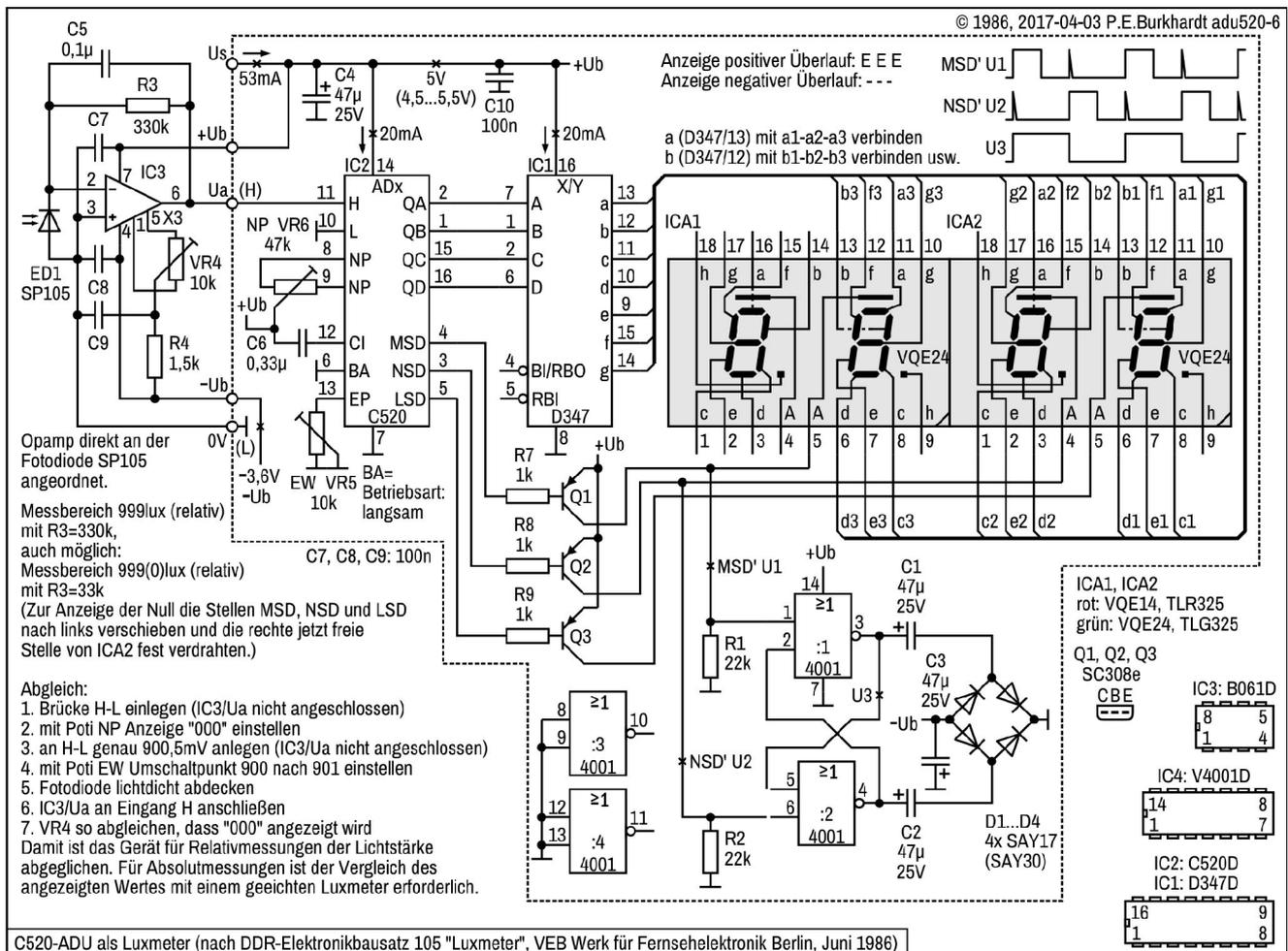
Auch die Toleranz der Widerstände R1 bis R5 hat Einfluss auf die Messgenauigkeit. Widerstände mit 0,5 % oder noch besser 0,1 % wären vorteilhafter.

### C520-ADU nach DDR-Elektronikbausatz 105 "Luxmeter", 1986/06

Dieser DDR-Elektronikbausatz Nr. 105 "Luxmeter" vom VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin (Juni 1986) basiert ebenfalls auf dem ADU C520. Mit der Baugruppe kann die Lichtstärke eines Objekts zwar nicht exakt gemessen, aber doch relativ zu anderen Lichtquellen verglichen werden. Mittels eines geeichten Lichtmessgerätes kann man aber eine Tabelle erstellen, die den angezeigten Werten die richtige Beleuchtungsstärke zuordnet.

#### Wesentliche Eigenschaften

- C520D als ADU mit fest angeschlossenem Vorverstärker zur Auswertung des Fotodioden-Stromes
- D347D-Dekoder zur Wandlung vom BCD-Kode zum 7-Segment-Kode
- Grüne 7-Segment-Anzeigen 2x VQE24
- Zwei Leiterplatten, die übereinander mittels Drahtbrücken verbunden und gehalten werden (Bestückung wurde modifiziert, jetzt getrennte Anordnung des Opamp zusammen mit der Fotodiode)
- Messung der Beleuchtungsstärke (Lux) als relativer Wert von Null (dunkel) bis 999
- Versorgung der Baugruppe mit +5 V (nicht im Lieferumfang)



#### Schaltungsbeschreibung

Gegenüber dem Original-Bausatz wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Zusätzliche Basis-Widerstände R7, R8, R9; Abblock-Cs C7 bis C10 und Widerstand R4 am Opamp
- Anordnung des Opamp B061 zusammen mit der Fotodiode SP105 abgesetzt von der C520-Baugruppe

Die Fotodiode besitzt eine spektrale Empfindlichkeit ähnlich des menschlichen Auges. Deshalb ist die Lichtmessung unterschiedlichster Lichtquellen ohne spezielle Filter möglich.

Der lichtabhängige Fotodiodenstrom muss hochverstärkt werden, um 999 mV für den ADU zu erhalten. Da der Eingang des Opamp sehr empfindlich gegenüber Störspannungen ist, sollten die Verbindungen zwischen Fotodiode und Opamp-Eingang so kurz wie möglich sein. Der Opamp-Ausgang dagegen ist niederohmig. Das ermöglicht längere Leitungen zur C520-Baugruppe.

Ungewöhnlich ist die Erzeugung der negativen Ub. Die Impulse der Digit-Treiber werden über zwei Gatter entkoppelt, mittels FF geformt und einer Greutz-Brücke zugeführt. Am Lade-C C3 ist die negative Spannung verfügbar. Je nach Opamp ergeben sich etwa -3 bis -4 V bei 0,3 bis 0,2 mA.

# Schaltungen mit dem ADU ICL7117

© 2017-05-01 P.E.Burkhardt adu-1

$I_b = 104 \text{ mA}$  bei LT (-188,8)

$2 \times 1N4148$  D2 D1

S1 Hold

S2 Test

IC1 ICL7117

IC2 VQE22

IC3 VQE24

R6 270

C01 100n

C02 47µ 10V

R1 100k

C1 100

R5 24k

VR1 1k

Uref1 100,0mV

C2 0,1µ

C3 0,01µ

R3 1M

C4 0,47µ

R2 47k

C5 0,22µ

Ue-Bereich -199,9mV bis +199,9mV

Ue

Umax = +/-3,5V

-Ub2 -5V

BE-Werte sind Standard-Werte nach Datenblatt (48kHz, 3 Messungen/s)

Kurz halten! Bereich ist empfindlich für Einstreuungen.

Abgleich:  
1. Brücke (+IN)-(-IN) einlegen  
2. mit Poti EW  
Uref1=100,0mV einstellen

Lampentest LT:  
Taster S2 betätigen (nur kurzzeitig, damit der 7117 nicht überlastet wird)  
Ergebnis: Alle angeschlossenen Segmente leuchten auf.

Anzeige mit VQE22/VQE24, Dezimalpunkt fest:

ICL7117 Ue[mV]	VQE22-Anzeige IC3	VQE24-Anzeige IC2	
$\geq 200,0$ pos. Überlauf	+18.8.8		
23,4 pos. Wert	+12.34		mV
0 Null	+10.00		mV
-190,5 neg. Wert	-19.05		mV
$\geq -200,0$ neg. Überlauf	-18.8.8		

IC2 rot: VQE14, TLR325  
grün: VQE24, TLG325

IC3 rot: VQE12, TLR327  
grün: VQE22, TLG327

ADU ICL7117, 200mV, VQE22/VQE24, +/-5V, Uref int.

