

Kondensatordekade

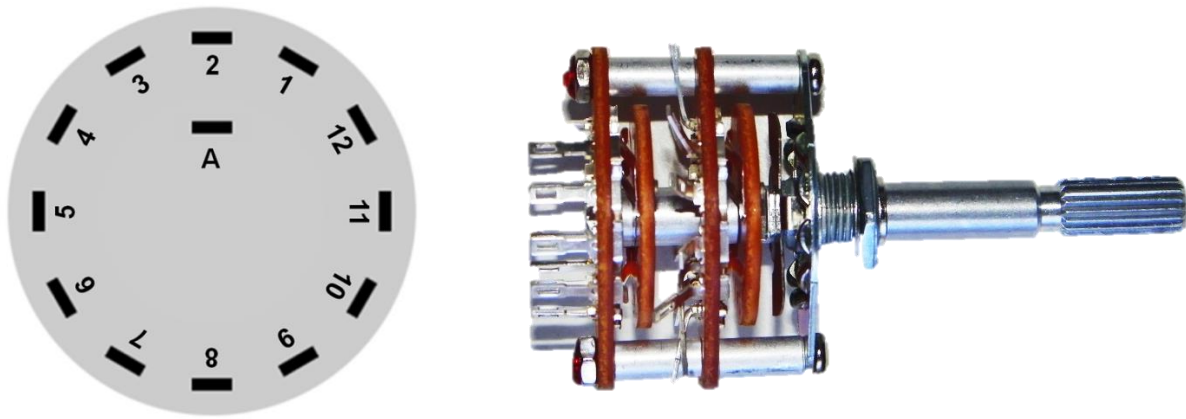
Kondensatordekaden sind nützliche Geräte im Labor, da mit ihrer Hilfe zahlreiche Kondensatorwerte verfügbar werden, die in der normalen Reihe überhaupt nicht zu finden sind. Bei der Dekade sind definierte Werte darstellbar, die sich meist in Zehnerpotenzen variieren lassen und deren Wert direkt ablesbar angezeigt wird.



Solche Dekaden sind, je nach Ausstattung (Anzahl der Bereiche, Spannungsfestigkeit und Genauigkeit der verwendeten Kondensatoren etc.), recht teuer. Der Selbstbau bietet sich hier geradezu an, allerdings ist die Beschaltung nicht ganz so einfach und problemlos, wie beispielsweise bei einer Widerstandsdekade, deren einzelne Widerstände nur in Reihe, hintereinander geschaltet werden müssen. Das funktioniert bei Kondensatoren so nicht, denn die Kapazitäten mehrerer Kondensatoren addieren sich nur bei Parallelschaltung. Das ist leicht nachvollziehbar, denn nur so vergrößert sich die gesamte Plattenfläche der Kondensatoren.

Für n-Stück Kondensatoren gilt bei der Parallelschaltung:

$$C_{\text{Ges.}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$



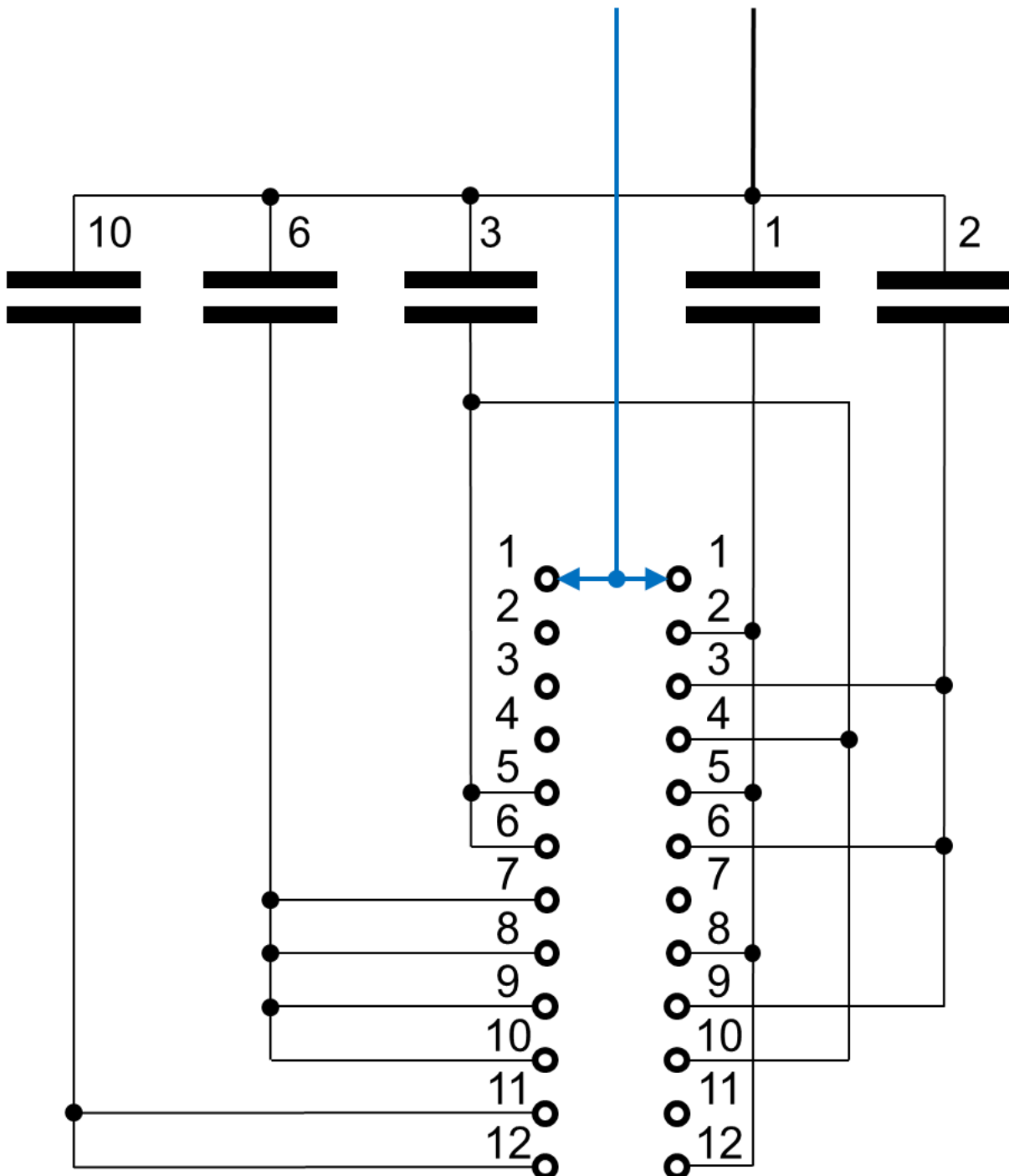
Mit Hilfe eines Drehschalters mit zehn Positionen könnte man jeweils entsprechende Werte schalten. Allerdings wäre für jede Position der passende Kondensator nötig und derart gestaffelte, nämlich in 10er-Schritten aufsteigende Kondensatoren, sind kaum aufzutreiben. Würde man einzelne Werte nun durch Zusammenschalten von mehreren Kondensatoren realisieren wollen, würden sich enorme Stückzahlen von notwendigen Bauteilen ergeben. Dazu kommt, dass kleine Kapazitäten kleine Bauteile bedingen, leider aber mit zunehmender Kapazität auch die Bauteilegröße deutlich zunimmt, wie im nachfolgenden Bild zu sehen ist.



Es gibt hier jedoch einen einfachen Trick, und der bedeutet, dass für zehn gestaffelte Kondensatorwerte (also: 1, 2, 3 ... 10) nur vier Kondensatoren nötig sind! Dazu wäre jedoch ein recht aufwendiger Drehschalter nötig. Ergänzt man jedoch auf fünf Kondensatorwerte pro Dekadenbereich, dann genügt ein zweipoliger Stufenschalter, der über wenigstens zehn Schaltbereiche verfügt. Nun gibt es solche Drehschalter zwar, aber leider zu recht hohen Kosten. Es gibt aber vergleichsweise günstige Drehschalter mit zwölf Positionen – und die werden hier eingesetzt.

Der benötigte Drehschalter besitzt zwei Ebenen, auf denen jeweils 12 Schaltkontakte angeordnet sind (vgl. Bild ganz oben rechts).

Die Beschaltung erfolgt nun pro 10er-Potenz mit jeweils fünf Kondensatoren der Reihe: 1 – 2 – 3 – 6 – 10:



Die beiden Kontakte A und B beider Ebenen werden verbunden und schalten jeweils bestimmte Bereiche zusammen:

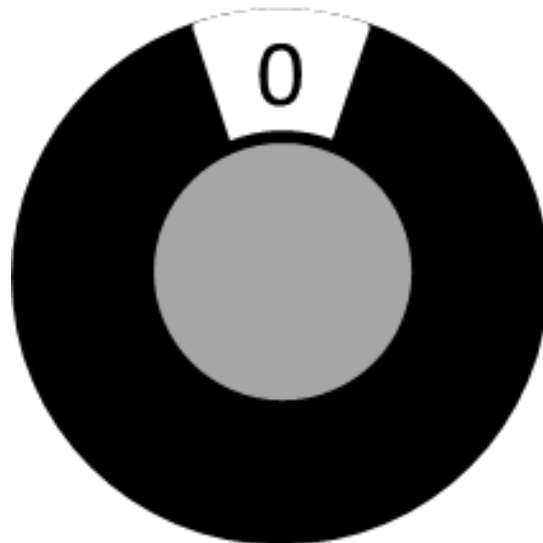
Steht der Drehschalter auf Position 1, wie in der Skizze angezeigt (dann werden die beiden Mittelkontakte AB mit den jeweiligen Kontakten 1 verbunden) erhält man an den beiden Leitungen (oben rechts) keinen Kontakt, Die Leitungen sind offen und das entspricht der Kapazität 0 F.

Steht der Drehschalter auf Position 2 (dann werden die beiden Mittelkontakte AB mit den jeweiligen Kontakten 2 verbunden) liegt an den beiden Leitungen der Kondensator mit dem Wert 1. Alle anderen Kondensatoren sind zwar untereinander verbunden, spielen jedoch bezüglich der Leitungen keine Rolle.

Wird der Drehschalter auf Position 3 eingestellt liegen zwischen den Leitungen der Kondensator mit dem Wert 2. Auf Position 4 liegt der Kondensator mit dem Wert 3. Auf Position 5 liegen der Kondensator mit dem Wert 1 und der Kondensator 3 zwischen den Leitungen und so weiter.

Es gilt:

Stufe 1 = Stellung 0: 0 F,
 Stufe 2 = Stellung 1: 1·x F,
 Stufe 3 = Stellung 2: 2·x F,
 Stufe 4 = Stellung 3: 3·x F,
 Stufe 5 = Stellung 4: 1·x F + 3·x F,
 Stufe 6 = Stellung 5: 2·x F + 3·x F,
 Stufe 7 = Stellung 6: 6·x F,
 Stufe 8 = Stellung 7: 1·x F + 6·x F,
 Stufe 9 = Stellung 8: 2·x F + 6·x F,
 Stufe 10 = Stellung 9: 3·x F + 6·x F,
 Stufe 11 = Stellung 10: 10·x F,
 Stufe 12 = Stellung 11: 1·x F + 10·x F



Die Stufe 12 kann auch unbeschaltet bleiben, da der Wert 11 ja eigentlich der nächsten Dekade zuzuordnen ist.

Wird ein Drehknopf mit Anzeige (wie oben rechts im Bild) benutzt, kann die Schalterstellung und damit der entsprechende Kondensatorwert direkt abgelesen werden. Die Skala sollte dazu bei 0 beginnen!

Mehrere Bereiche können durch Parallelschalten solcher Dekaden erreicht werden. Günstige Bereiche wären etwa:

Bereich 1	1 pF	bis	10 pF
Bereich 2	10 pF	bis	100 pF
Bereich 3	100 pF	bis	1 nF
Bereich 4	1 nF	bis	10 nF
Bereich 5	10 nF	bis	100 nF
Bereich 6	100 nF	bis	1 µF

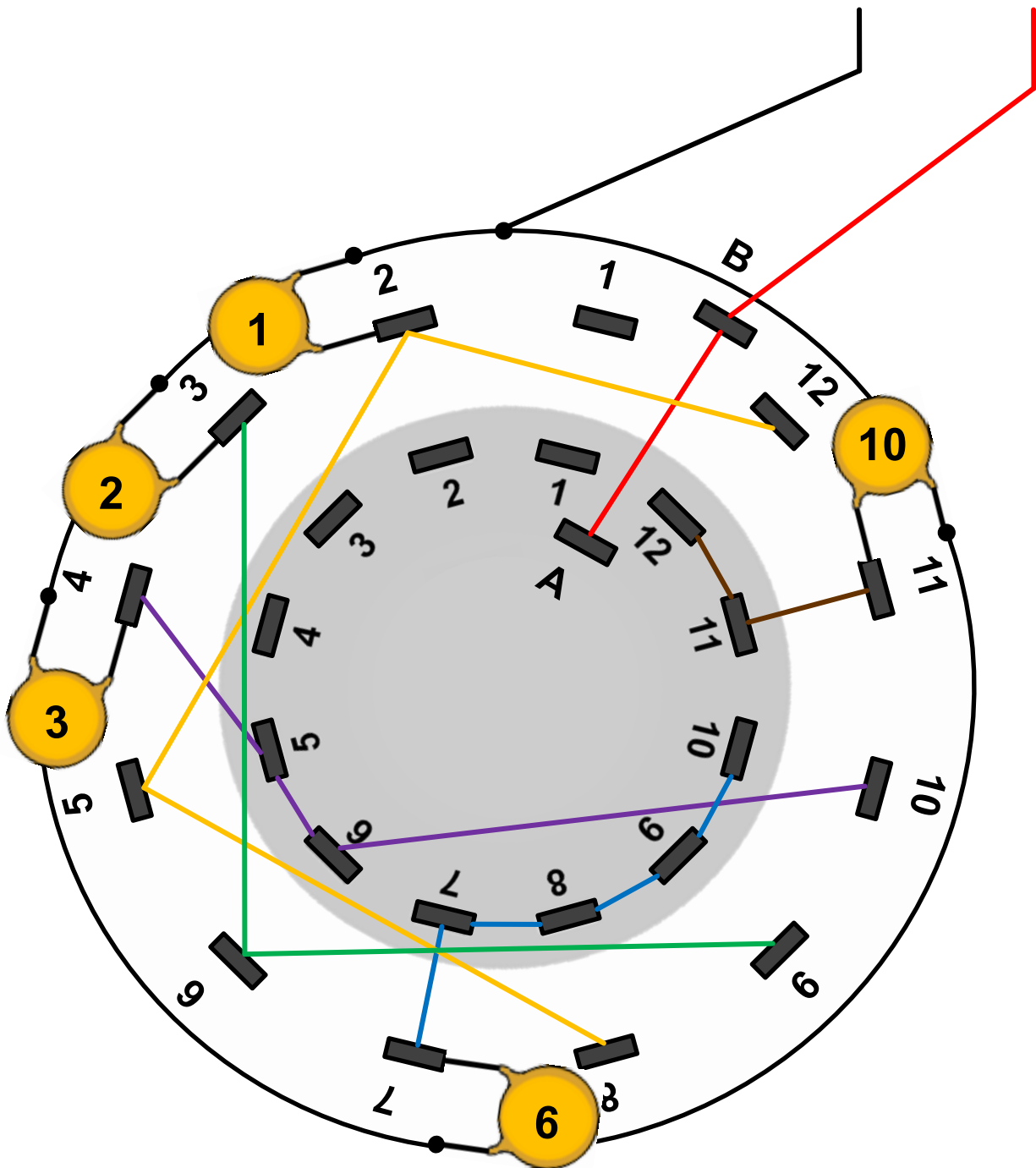
Die Wertepaare 1 – 2 – 3 – 6 – 10 sind als Normreihe nun leider nicht durchgängig erhältlich. Daher müssen wenigstens zwei Kondensatoren je Wertepaar verschaltet werden, was jedoch angesichts der ohnehin wenigen Bauteile zu verschmerzen ist.

Da jedoch auch zwei Kondensatoren zusammen oftmals nicht den genauen Wert einer Stufe treffen, können je nach eigenen Vorstellungen auch mehrere Bauteile zu diesem Zweck eingesetzt werden. Gerade vor dem Hintergrund doch recht großer Bauteiletoleranzen ist jedoch eine besonders hohe Genauigkeit nur mit extrem großem Aufwand möglich – wenn auch nicht ausgeschlossen. Hier kann, wenn das gewünscht ist, nur ein Ausmessen und entsprechendes Bestücken je Stufe zum Ziel führen. Kondensatoren mit mehr als 10% Toleranz sollten nicht eingesetzt werden, sie machen die Dekade praktisch unbrauchbar.

Hier mögliche Kombinationen für die beschriebenen Bereiche:

Bereich	1	2	3	6	10
10 pF	1x 10 pF	2x 10 pF	2x 15 pF	1x 56 pF & 1x 3,9 pF	1x 100 pF
100 pF	1x 100 pF	2x 100 pF	2x 150 pF	1x 560 pF & 1x 47 pF	1x 1.000 pF
1 nF	1x 1.000 pF	2x 1.000 pF	2x 1.500 pF	1x 5.600 pF & 1x 470 pF	1x 10.000 pF
10 nF	1x 10.000 pF	2x 10.000 pF	2x 15 nF	1x 68 nF	1x 100 nF
100 nF	1x 100 nF	2x 100 nF	2x 150 nF	1x 680 nF	1x 1µF
1 µF	1x 1 µF	1x 2,2 µF	1x 3,3 µF	1x 6,8 µF	1x 10 µF

Die entsprechenden Kondensatoren werden je Dekade auf einer Seite fest miteinander verbunden, ihr zweiter Anschluss erfolgt nach folgendem Schema an den beiden Ebenen des Drehschalters:



Die Kondensatorwerte werden wie folgt angeschlossen:

Wert 1:	Ebene 2	Kontakt 2
Wert 2:	Ebene 2	Kontakt 3
Wert 3:	Ebene 2	Kontakt 4
Wert 6:	Ebene 2	Kontakt 7
Wert 10:	Ebene 2	Kontakt 11

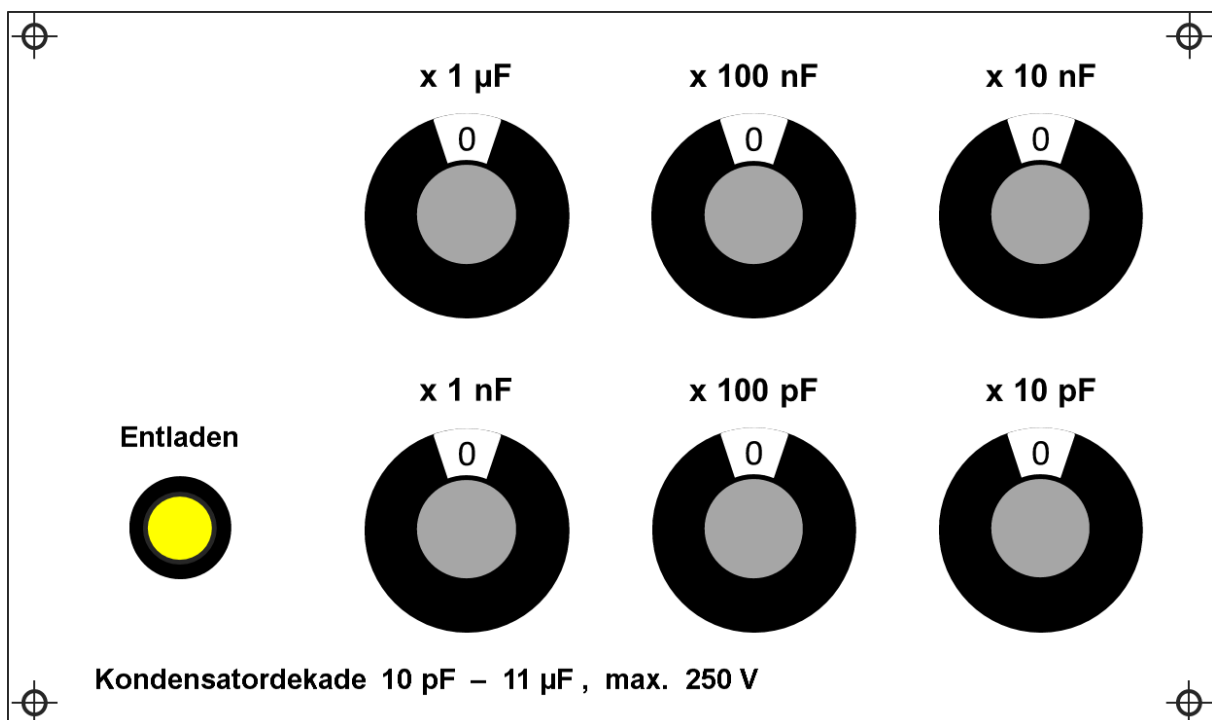
Neben den Kondensatoren sind je Dekade noch fünf Brücken einzulöten. Hier sind folgende Kontakte miteinander zu verbinden (jede Zeile zeigt eine Brücke an und die Kontakte, die in dieser Brücke zu verbinden sind):

Ebene 1 (A)												Ebene 2 (B)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	X			X			X				X												
		X			X			X															
			X						X							X	X						
						X												X	X	X	X		
										X	X											X	

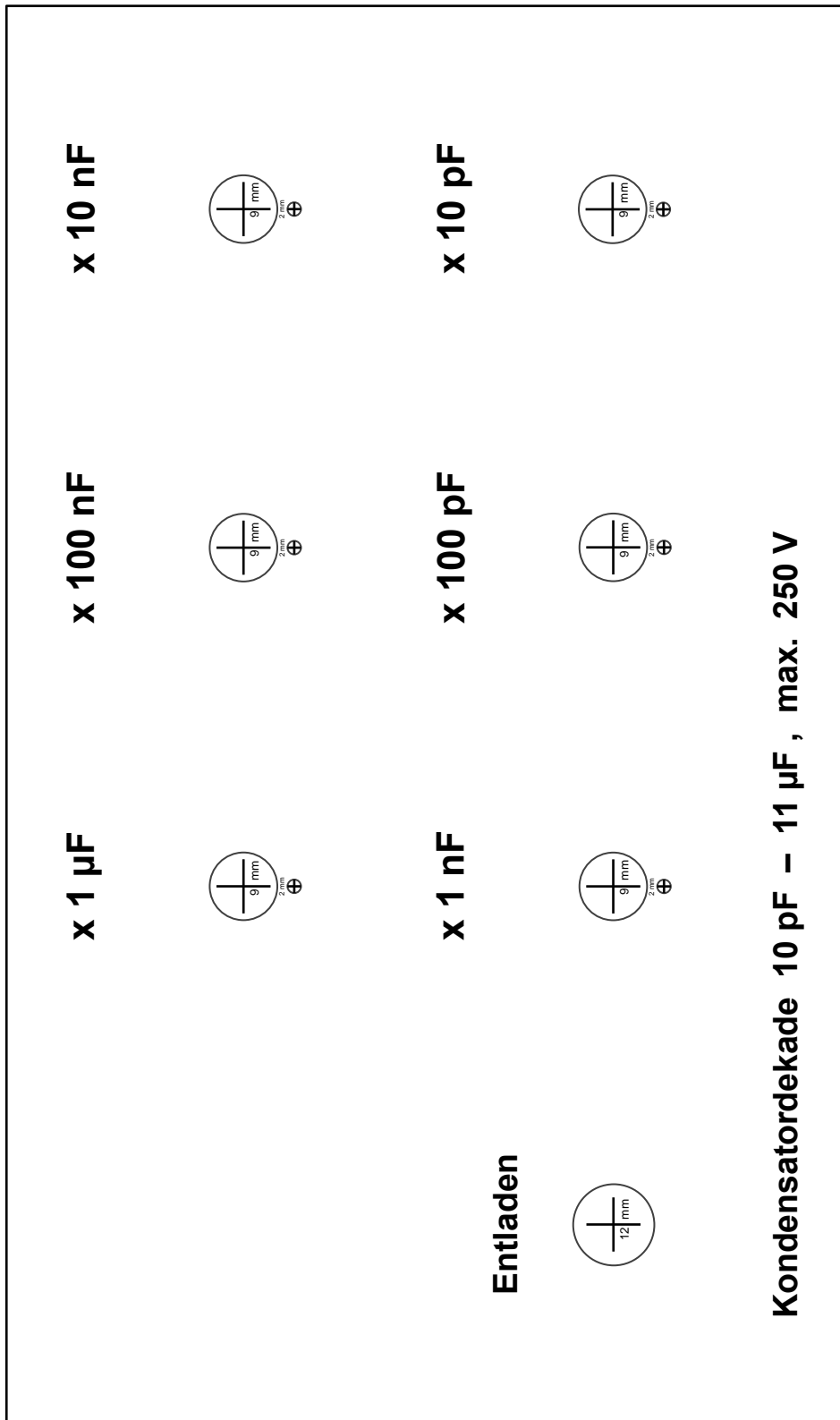
Die Achse des Stufenschalters muss eventuell gekürzt werden, damit die Drehknöpfe gut aufgesteckt werden können. Bei den hier verwendeten Mentor-Knöpfen hat sich eine Achslänge von etwa 15 mm als ideal erwiesen.

Zusätzlich zu den Drehschaltern kommt noch ein Taster (Schließer) mit auf die Frontplatte, damit die Kondensatoren komfortabel entladen werden können, bevor neue Messungen etc. erfolgen. Wie alle einzelnen Dekaden wird auch der Taster parallel zu den Anschlussbuchsen gelegt.

Fertig bestückt sieht die Frontplatte dann so aus, wie in der nachfolgenden Skizze:



Die Gehäusefrontplatte wird mit folgenden Bohrungen und Beschriftungen versehen:



Alles zusammen kommt in ein Gehäuse, wobei ein sogenanntes Pult-Gehäuse Vorteile für die leichtere Bedienung hat. Verwendet wurde hier zum Beispiel ein Kunststoffgehäuse von TEKO mit Aluminiumfrontplatte.



Die Anschlussbuchsen können auf der Rückseite angebracht werden. Alternativ passen die Anschlussbuchsen auch noch auf die Frontplatte.

Hinweis zu den Bereichen:

Da, wie bereits angesprochen, die Bauteilegrößen mit zunehmender Kapazität recht schnell sehr groß geraten können, müssen ab etwa $1 \mu\text{F}$ die einzelnen Kondensatoren sinnvoll im Gehäuse platziert werden, denn an sie Schalter lassen sie sich dann nicht mehr ohne weiteres. Bereiche von $10 \mu\text{F}$ oder größer sind zudem dann in einem Pultgehäuse, wie dem vorgestellten nicht mehr möglich. Dabei stellt sich aber auch die Frage, ob es für derartig große Kondensatoren in einer Dekade überhaupt noch Anwendungen gibt.

In diesem Fall ist ein größeres Einzelgehäuse pro Dekade sinnvoller. Für die beiden Bereiche: $1 \mu\text{F} - 10 \mu\text{F}$ und $10 \mu\text{F} - 100 \mu\text{F}$ können sogenannte Motorkondensatoren eine mögliche Lösung darstellen. Es gibt sie zum einen sehr exakt in den benötigten Wertestufen: $1 - 2 - 3 - 6 - 10$ und zum anderen sind sie auch in hohen Spannungsfestigkeiten ohne Polaritätsbeachtung zu betreiben! Ihre Baugröße und nicht zuletzt ihre Kosten machen sie jedoch nur in Spezialfällen sinnvoll.

Hier ein Satz entsprechender MKA-Kondensatoren, wobei der größte Kondensator einen Durchmesser von 60 mm bei einer Bauhöhe von 120 mm hat. Immerhin erleichtern die M10er – Schraubgewinde dieser Kondensatoren die Montage in einem Gehäuse oder Gestell erheblich.



Und hier schließlich noch die entsprechende, sehr einfache Bauteilliste für Dekaden mit solchen Kondensatoren :

Bereich	1	2	3	6	10
1 μF	1x 1 μF	1x 2 μF	1x 3 μF	1x 6 μF	1x 10 μF
10 μF	1x 10 μF	1x 20 μF	1x 30 μF	1x 60 μF	1x 100 μF

Hinweis zum Aufbau:

Die eingestellten Kapazitäten der Dekade sind gerade bei höheren Frequenzen ganz entscheidend vom Aufbau und Umwelteinflüssen (Temperatur etc.) abhängig. Bereits die Zuleitungen zu den Schaltern, die Schalterebenen selbst und nicht zuletzt die Verdrahtung sowie Gehäusematerial und Beschaffenheit können zusätzliche, störende Kapazitäten und unerwünschte Kopplungen hervorrufen, die den Einsatz sehr einschränken. Dies ist hinsichtlich des Einsatzes zu berücksichtigen.

Eine qualitativ hochwertige Dekade ist weit mehr, als nur das Zusammenlöten der entsprechenden Bauteile!

Alle benötigten Bauteile:

- 3 x Kondensator **10 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 2 x Kondensator **15 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 1 x Kondensator **3,9 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 1 x Kondensator **56 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 4 x Kondensator **100 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 2 x Kondensator **150 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 1 x Kondensator **47 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 1 x Kondensator **560 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 1 x Kondensator **3,9 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 4 x Kondensator **1 nF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 2 x Kondensator **1,5 nF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 1 x Kondensator **5,6 nF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 1 x Kondensator **470 pF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 4 x Kondensator **10 nF**, keramischer Scheibenkondensator 500 V
- 2 x Kondensator **15 nF**, FKP, Impulskondensator 630 V
- 1 x Kondensator **68 nF**, MKP, Folienkondensator 630 V
- 4 x Kondensator **100 nF**, MKP, Folienkondensator 630 V
- 2 x Kondensator **150 nF**, MKP, Folienkondensator 630 V
- 1 x Kondensator **680 nF**, MKP, Folienkondensator 630 V
- 2 x Kondensator **1 µF**, MKP, Folienkondensator 630 V
- 1 x Kondensator **2,2 µF**, MKP, Folienkondensator 630 V
- 1 x Kondensator **3,3 µF**, MKP, Folienkondensator 630 V
- 1 x Kondensator **6,8 µF**, MKT, Kondensator 250 V
- 1 x Kondensator **10 µF**, MKT, Kondensator 250 V

- 6x Drehschalter **Lorlin CK-1029**, 1x12 x 30° -250 V/AC 0.15 A, Lötösen
- 6x Knopf **Mentor 332.6** - Serie 20, Schwarz, Achs-Durchmesser 6 mm
- 6x Abdeckkappe **Mentor 332.664** - Serie 20, Grau
- 6x Grundplatte **Mentor 332.300** - Serie 20, Schwarz
- 6x Skalenscheibe **Mentor 332.204** - Serie 20, Skalen-Bereich 0 – 11

- 1x Taster (Schließer), Farbe beliebig
- 2x 4mm – Buchsen, schwarz
- 1m Schaltdraht
- 1x Kunststoff -Pult-Gehäuse **TEKO 363**, Blau-Grau und Silber

