

---

# Elektrotechnik II

## Übung V

Prof. Dr. Göran Andersson

**FS 2011**

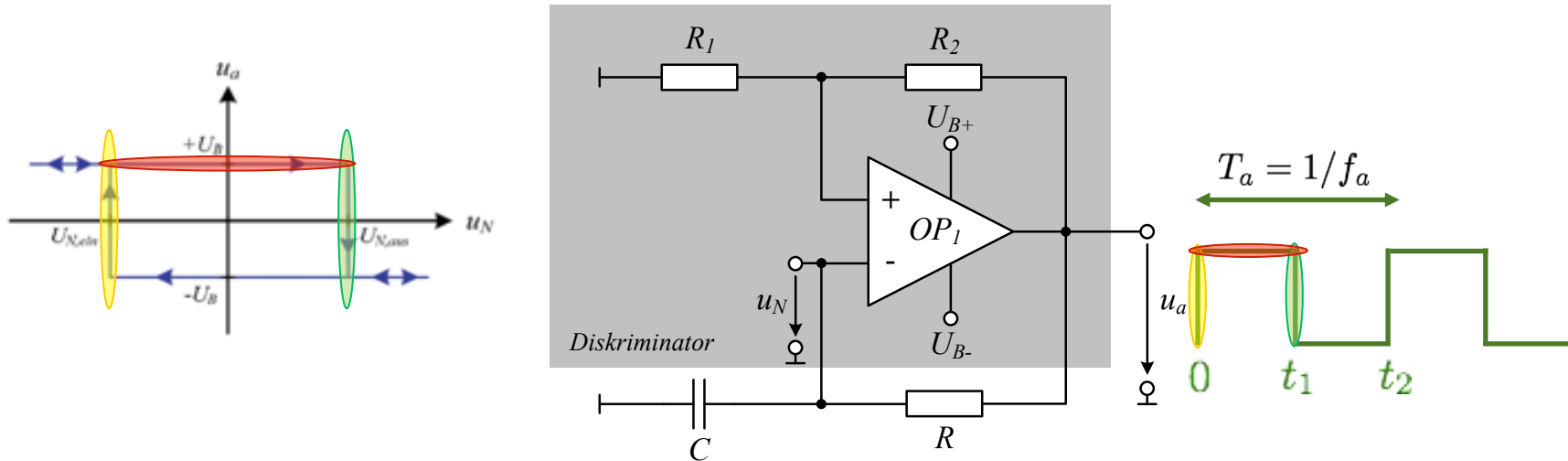
<http://www.eeh.ee.ethz.ch/>

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

**eeh** power systems  
laboratory

# Übung 4: Rechteckoszillator: Aufgabe 3&4



3. Zeige den folgenden zeitlichen Verlauf:

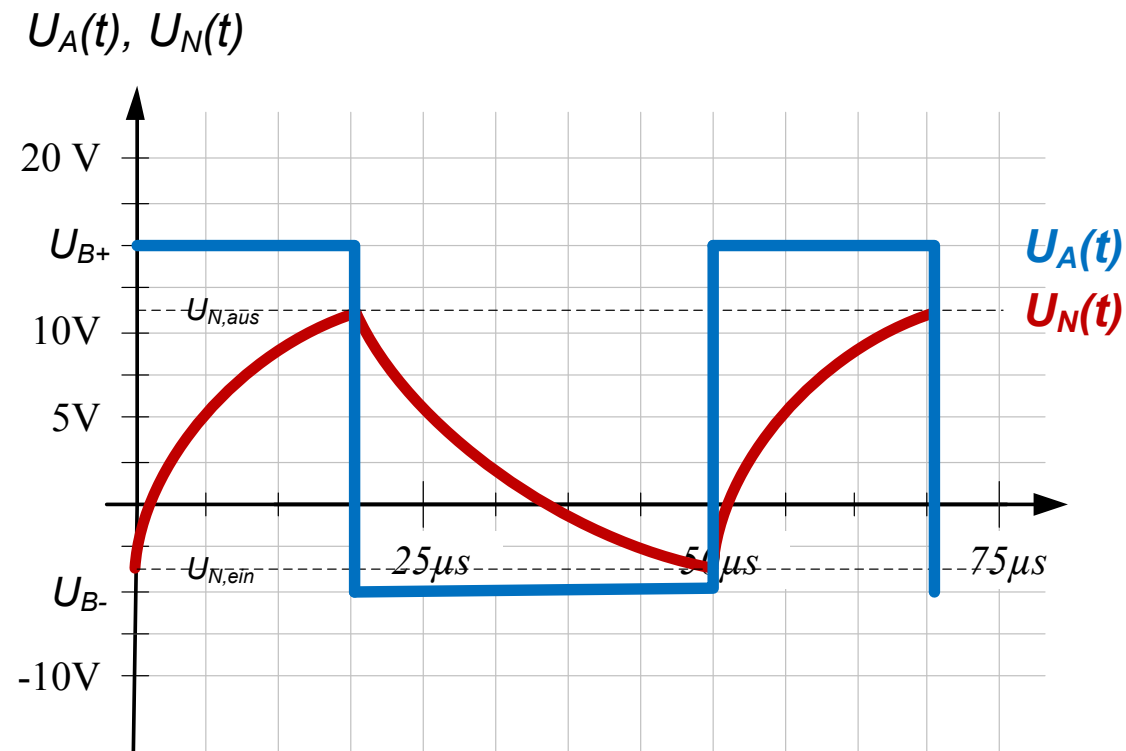
$$u_N(t) = 15V - 18.75V \cdot e^{-t/RC}$$

➡ Achtung: AS-56 ist für den symmetrischen Rechteckgenerator!

Bestimme die Kapazität  $C$  für  $R = 15k\Omega$ ,  $f_a = 20kHz$

4. Skizziere die Zeitverläufe der Ausgangsspannung  $u_a$  und der Spannung  $u_N$

# Übung 4: Rechteckoszillator: Aufgabe 3&4



# Ziel und Motivation der Übung 5

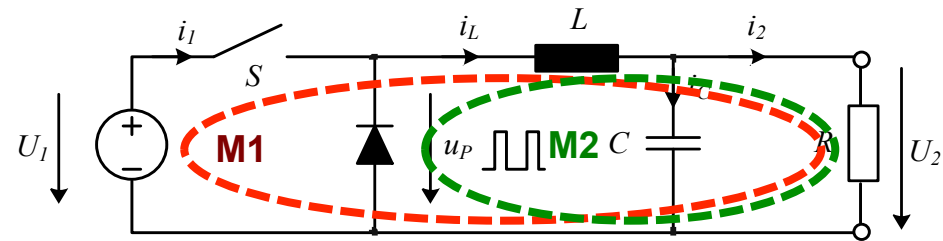
---

## Ziele:

1. DC-DC Konverter
2. Hochsetzsteller

# Formelsammlung zum Tief/Hochsetzsteller

Tiefsetzsteller



# Formelsammlung zum Tief/Hochsetzsteller

1. Spannungs/Stromzeitflächengleichgewicht an Kapazität/Induktivität

Beispiel:  $(U_1 - U_2)t_{on} = U_2 t_{off}$

$$\rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{DT_P}{T_P} = D$$

2. Leistungserhaltung:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 = P_2$$

3. Mittelwerte, Effektivwerte:

$$\bar{i}_1 = \frac{1}{T_P} \int_0^{T_P} i_1(t) \cdot dt \quad I_1 = \sqrt{\frac{1}{T_P} \int_0^{T_P} i_1^2(t) \cdot dt}$$

4. Stromrippel: Spule (Annahme,  $u_L = \text{konst.}$ )

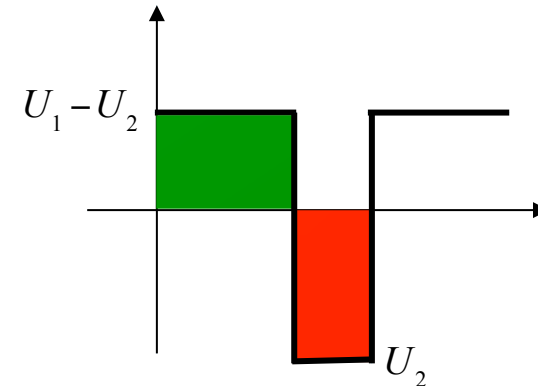
$$u_L = L \cdot \frac{di_L}{dt} \quad \rightarrow \Delta i_{L,PP} = \frac{1}{L} \int_0^{DT_P} U_L dt = \frac{U^{0-DT_P}}{L} DT_P = -\frac{U^{DT_P-T_P}}{L} (1-D) T_P$$

5. Spannungsrippel an der Last: Kondensator (häufige Annahme,  $i_R = \text{konst.}$ )

$$\Delta Q = C \Delta U$$

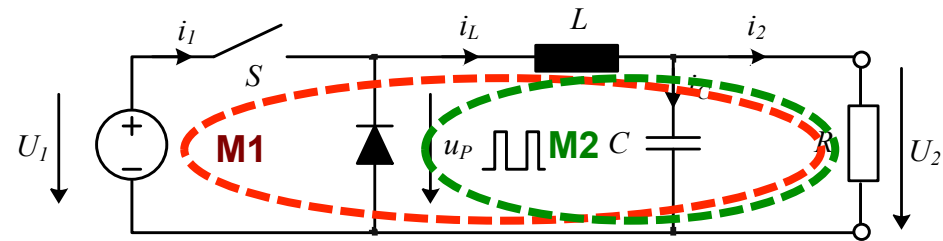
1. Wann ladet der Kondensator, wann entladet er sich?

2. Stromzeitflächengleichgewicht?

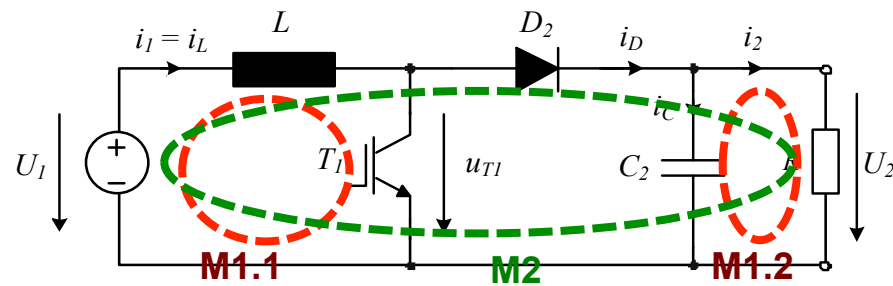


# Formelsammlung zum Tief/Hochsetzsteller

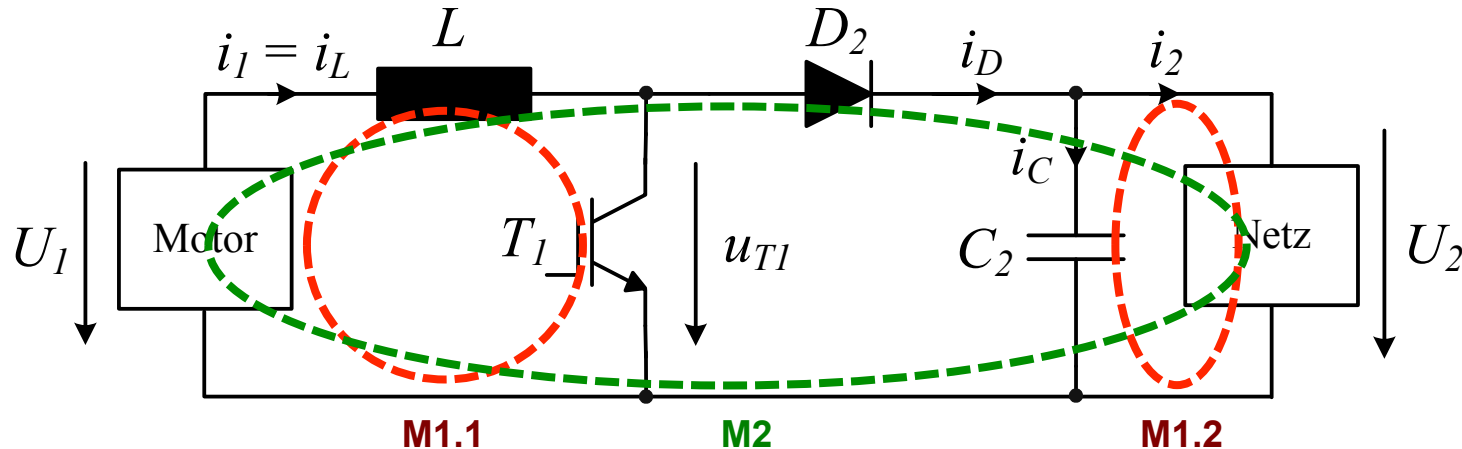
## Tiefsetzsteller



## Hochsetzsteller



## Übung 5: DC-DC Konverter: Trambremse



Bei allen Aufgabenpunkten kann man annehmen, dass die Bauelemente ideal und verlustfrei sind sowie dass die Schaltung im quasistationären Betrieb ist (bereits „eingeschwungen“).

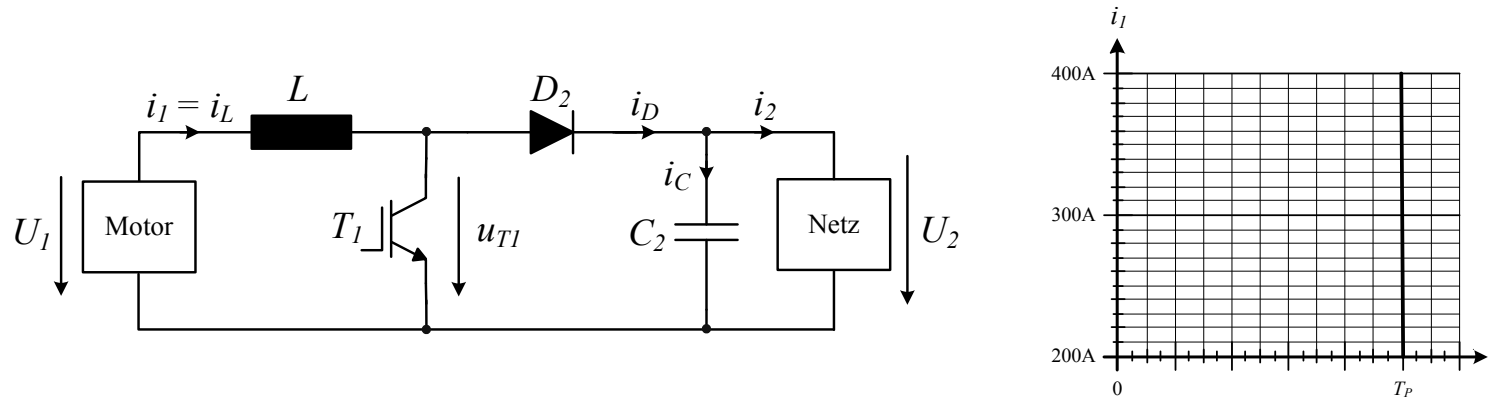
1. Mit welchen relativen Einschaltdauern  $D_{360}$  und  $D_{420}$  arbeitet der Leistungstransistor  $T_1$  an den beiden Grenzen des Eingangsspannungsbereichs?



**Spannungszeitflächengleichgewicht**

Wie gross ist dabei der Mittelwert  $I_1$  des Eingangsstroms  $i_1$ ?

## Übung 5: Aufgabe 2: Stromrippel



2. Skizzieren Sie in **Abb. 2** den resultierenden Verlauf des Eingangstroms  $i_1$  für  $U_1 = 360V$  und geben Sie den minimalen und maximalen Wert an.

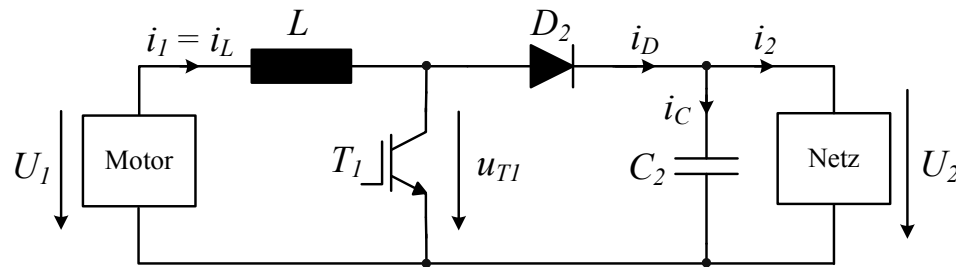
➡ Berechnen des Stromrippels über Spule für  $t_{on}$

Für welches Tastverhältnis tritt die maximale schaltfrequente Schwankung des Eingangstroms  $i_1$  auf und wie hoch ist diese Schwankung?

➡  $U_2$  ist gegeben,  $D$  ist abhängig von  $U_1$ !

Mit welchen Massnahmen könnte diese Schwankung vermindert werden?  
Benennen Sie zwei.

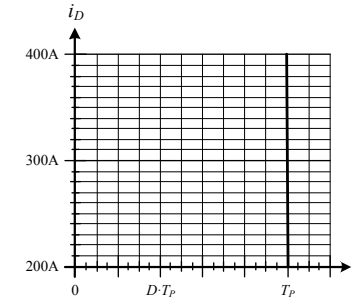
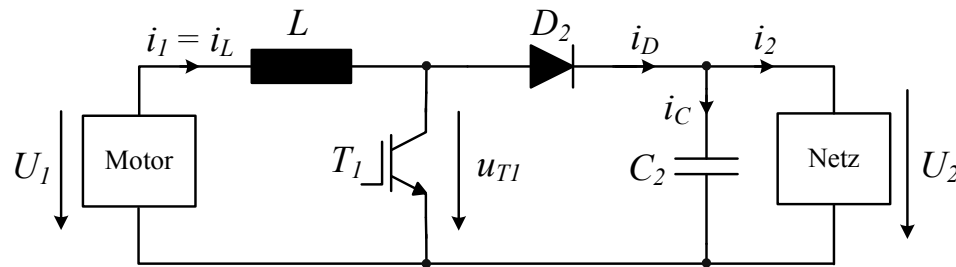
## Übung 5: Aufgabe 3: Effektivwert



3. Wie hoch ist die maximale Sperrspannungsbelastung  $U_{T1,max}$  von  $T_1$ ?

Berechnen Sie den durch  $T_1$  im gegebenen Spannungsbereich ( $U_1 = 360V \dots 420V$ ) maximal auftretenden Stromeffektivwert  $I_{T1,max}$ .

## Übung 5: Aufgabe 4: Spannungsrippel



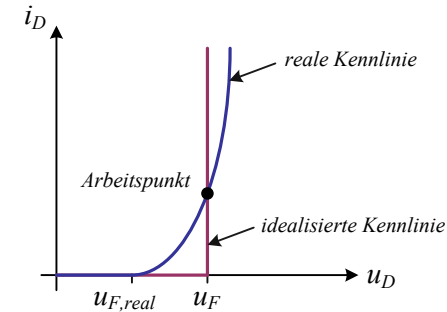
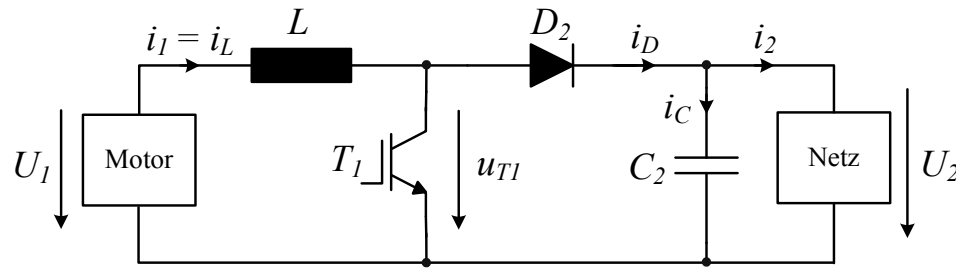
4. Skizzieren Sie in **Abb. 3** den Verlauf des Diodenstroms  $i_D$  für den Betrieb bei  $U_1 = 360\text{V}$ .

Der Laststrom  $i_2$  sei konstant: Welche Ausgangskapazität  $C_2$  ist vorzusehen, damit die schaltfrequente Schwankung der Ausgangsspannung  $u_2$  auf  $\pm 10\text{V}$  beschränkt bleibt?

 **Wie entladet sich der Kondensator?**

Berechnen Sie den Mittelwert des Stroms durch die Kapazität  $i_C$ .

# Übung 5: Aufgabe 5: Mittelwert



5. Welche Verlustleistung  $P_{VD}$  tritt in der Ausgangsdiode  $D_2$  auf, wenn deren Durchlassspannung stromunabhängig mit  $U_F = 1.1V$  angenommen wird?

➔ Mittelwert von  $i_D$ ?

# Abgabe der Übung

---

**Abgabe der Übung: 18. Mai**

**Testatbedingung: Abgabe von 5 von 6 (7) Übungen**

09-932-211	1	1	0	1
09-937-996	1	1	1	1
08-914-392				
09-911-165	1	x	1	1

Testatliste angehängt als pdf

Stud.-Nr.	Übung 1	Übung 2	Übung 3	Übung 4
08-929-614	1	x		1
09-940-024	1	1	1	
09-932-310	1	x	x	
09-918-905	1	1	1	1
09-921-107	1	1	1	
08-917-650	1	1	1	1
08-921-454				
09-927-583	1	1	1	1
09-913-013	1	1	0	1
09-921-115	1	x	1	1
09-915-265	1	1	1	1
09-932-872	1	1	1	1
09-913-021	1	1	1	1
09-910-852	1	1	1	1
09-910-548	1	1	1	1
09-939-596	1	1	1	1
07-915-838				
08-935-025				
08-926-016	ok	ok	ok	ok
07-913-197				
09-919-358	1	1	1	1
09-925-603	1	1	1	1
08-926-008	1		0	
07-926-850	1	0	1	1
09-913-815	1	1	1	1
08-913-766	1	1		
09-939-752	1	1	1	1
09-915-992	1	1	1	1
09-910-860	1	1	1	1
09-925-611	1	1	1	1
09-923-145	1	1	1	1
09-932-211	1	1	0	1
09-937-996	1	1	1	1
08-914-392				
09-911-165	1	x	1	1
09-939-539				
09-915-745	1	1	1	1
09-910-878	1	1	1	1
08-919-995				
09-916-768	1	1	1	1
09-910-886	1	1	1	1
07-913-700	1	1	1	1
09-917-675	1	1	1	1
09-910-894	1	1	1	1
09-914-003	1	1	1	1

09-910-902	1	1	1	1
06-921-910	1	1	1	1
08-909-939				
09-917-683	1	1	1	1
08-704-165	1	1		
09-931-833	1	1	1	
08-914-590	1	1	1	1
08-922-411	1	1	1	1
09-918-939	1	1	1	
09-918-681	1	1	1	1
09-912-528	1	1	1	1
09-921-123	1	1	1	1
09-932-443	1	1	1	1
07-927-445				
09-914-565	1	1	1	1
08-930-422				
09-925-645	1	x	1	1
08-917-395	1	1	1	1
08-919-672	1	1		1
09-910-910	1	1	1	
09-921-131	1	1	1	1
09-932-328	1		x	
09-914-763	1	1	1	1
09-919-218	1	1	1	1
08-914-459	1	1	1	1
09-932-914	1	x	1	1
08-910-341	ok	ok	ok	ok
09-917-220	1	1	1	x
09-925-678	1	1	1	1
09-931-858	1	1	1	1
08-923-864	1			
06-908-578	1		1	1
09-912-502	1	1	1	1
09-927-682	1	1	1	1
09-927-690	1	1	x	1
09-915-901	1	1	1	1
09-920-125	1	1	1	1
09-925-686	1	1	1	1
09-932-096	1	1	1	1
09-923-772	1	1	1	1
09-920-448	1	1	1	1
09-912-353	1	1	1	1
09-918-699	1	1	1	1
09-916-784	1	1		1
05-919-675				
09-914-938	1	1	1	1

09-928-383	1	1	1	1
09-921-503				
09-914-144	1	1	1	1
06-919-708				
09-928-391	1	1	1	1
09-925-710	1	1	1	1
09-917-709	1	1	1	
09-931-114	1	0	1	1
08-914-509	1	1	1	1
09-933-466	1		1	1
09-920-455	1	1	1	1
09-913-336	1	1	1	1
08-935-090				1
09-915-752	x	1	1	0
09-921-149	1	1	1	1
07-742-638	1	1	1	1
07-917-271	1	1	1	1
09-914-383	1	1	1	1
09-932-559	1		1	1
09-915-760	1	1	1	1
09-917-238	1	1	1	1
09-928-409				
08-915-951				
08-915-969	1	1	1	1
09-928-565	1			
09-912-445	1	1	1	0
07-926-728	1			
09-916-776	1	1	1	1
09-937-749	1	1	1	1
09-910-944	1	1	1	1
07-926-629	1	1		1
08-910-275	1	1	1	1
08-926-073	1	x	1	1
09-938-028	1	1	1	1
09-922-691	1	1	1	1
09-914-771	1	1	1	1
09-925-751	1	1	1	1
09-913-724	1	1	1	1
09-928-599	1	1	1	1
02-919-942	1	1	1	1
08-914-517	1	1	1	
08-915-696				
09-911-926	1	x	1	1
09-914-250	1	1	1	1
09-932-930	1	1	1	1
08-920-027		1	1	1

09-916-537	1	1	1	1
08-605-149	1	1		
09-932-948	1	1	1	1
09-932-955	1	x	1	1
09-940-438		0	1	1
08-910-259				
09-916-255	1	1	1	1
09-911-033	ok		1	1
09-914-268	1	1	1	1
08-914-533				
09-914-409				
09-938-036	1	x		1
08-914-640	1	1	1	1
09-916-792	1	1	1	1
09-927-716	1	1	1	1
08-926-115	1	1	1	1
08-919-649	1	x	1	1
06-907-232	1	1	1	1
08-910-226	1	1	1	1
07-919-731				
08-936-601	1	1	1	1
08-913-774	x	x		x
09-940-453	1	1	1	
09-925-777	1	1	1	1
09-933-474	1	1	1	1
09-913-419	1	1	1	1
09-911-058	1	1	1	1
09-917-253	1	1	1	1
09-925-785	1	1	1	1
08-920-316				
08-910-218	1		1	1
09-923-327	1	x	1	1
08-918-088	x	1	1	1
09-925-793	1	1	1	1
06-920-672	1	1	1	1
08-921-389	1	1	1	1
09-914-276	1	1	1	1
09-921-859	1	1	1	1
09-927-724	1	1	1	1
09-917-261	1	1	1	1
09-912-619	1	x	1	1
09-925-801	1	1	1	1
09-917-956				
09-912-536	1	1	1	1
09-921-867	1	1	1	1
07-921-745				

06-062-590	1	1	1	1
09-923-814				
09-920-141		1	1	1
08-935-496			1	1
09-922-717	1		1	1
09-932-971	1		1	
09-925-827	1	1	1	1
09-922-568	1	1	1	1
08-760-076	1	x	1	1
09-927-732	1	1	1	1
06-175-020	1	1	1	1
09-916-545	1	1	1	1
08-927-220	1	x	1	1
09-917-386	1	1	1	1
08-914-707	1	1	1	1
07-925-449		x		
09-933-482	1	1	1	
09-921-545	1	1	1	1
08-920-076	1	1	1	1
09-931-155	1	1	1	1
09-932-575	1	1	1	1
08-920-308	1	1	1	1
09-938-291	1	1	1	1
09-920-471	1	1	1	1
08-928-855	1	x		1
09-921-891	1	1	1	1
09-919-507	1	x		1
09-918-731	1		1	x
09-911-603	1	1	1	1
09-912-148	1	0	1	1
07-916-596	1	1	1	1
09-917-964	1	1	1	1
08-916-728	1	x	x	1
08-926-156	1	1	1	
09-916-552	1	1	1	1
09-918-947	1	1	1	1
08-915-985	1			
08-926-164				
09-927-369	1	1	1	1
09-925-918	1	1	1	1
09-912-858	1	1	1	1
09-911-074	1	1	1	1
08-913-808	1	1	1	1
08-920-498				
07-909-435	1	1	1	1
09-916-123		1	1	1

08-917-726	1	1	1	1
08-914-749	1	1	1	
09-931-965	1	1		
08-935-553	1	1	1	1
09-925-884	1	1	1	1
08-935-231	1	1		
09-914-946		1	1	1
07-920-036				
09-911-090	1	1	1	1
09-920-174	1	1	1	1
09-933-524	1	1	1	1
09-912-296	1	1	1	1
09-932-005		1	1	1
09-911-108	1	1	1	1
08-927-998		1	1	1
03-912-367	1		1	1
09-940-487	1	1	1	1
09-920-497	1		1	1
08-910-143	1	1		1
09-922-741	1	1	1	1
08-912-594	1	1	1	1
09-933-532	1	1	1	1
09-915-786	1	1	1	1
08-915-993	1			
08-929-630	1	1	1	1
09-932-997	1	1	1	1
09-932-617	1			1
09-923-897	1	1	1	1
10-908-812	1	1	1	1
09-927-823	1	1	1	1
09-933-003		1	1	1
09-938-580	1	1	1	1
09-931-163	1	1	1	1
09-915-281	1	1	1	1
06-726-855	1			
09-925-934	1	1	1	1
06-911-861		1	1	1
07-914-153	1	1	1	1
08-911-992	1	1	1	1
09-912-742	1	1	1	1
08-922-650	1	x	1	1
05-155-650				
08-926-198	1		1	
08-914-772				
09-911-611	1	1	1	1
09-933-011	1	1	1	1

08-929-911	x	1	1	1
08-935-280				1
06-922-926	1	1	1	1
08-918-104	1	1	1	1
09-932-625	1	1	1	1
09-913-047	1	1	1	1
09-914-425	1	1	1	1
09-921-560	1	1		1
09-921-578	1	1	1	1
09-918-178	1	1	1	1
09-914-953	1	x	1	1
09-914-961	1	1	1	1
08-935-306	1	1	1	1
09-913-435	1	1	1	1
04-885-034	1	x	1	1
09-913-500	1	1	1	1
09-915-794	1	1	1	1
08-933-871	1		1	1
08-916-181				
09-931-171	1	1	1	1
08-920-472	1	1	1	1
08-934-259	1			1
09-916-826	1	1	1	1
09-914-433	1	1	1	1
08-935-348	1	1	x	1
08-917-353	1	1	1	1
08-928-996	1	1	1	1
09-912-684	1	1	1	1
09-913-898	1	1	1	1
09-915-638	1	x	1	1
09-923-939	x	x	1	1
09-923-962	1		x	1
08-914-798	1	1	1	1
08-910-119	1	1	1	1
07-911-969	1	1	1	1
09-927-880	1	1	1	1
09-919-424	1	1	1	1
09-922-584	1	1	1	1
09-920-505	1	x	1	1