

## Zadání:

1. Seznamte se s rozhraním PS/2 a komunikačním protokolem. Prostudujte jednotlivé signály a směr komunikace.
2. Připojte PS/2 klávesnici k FITkitu a sondy osciloskopu na příslušné piny konektoru na FITkitu.
3. Nastavte osciloskop tak, abyste mohli sledovat přenos dat na rozhraní.
4. Pomocí osciloskopu zjistěte scan kódy kláves odpovídajících vašemu loginu. Dále zjistěte make kódy kláves „Esc“, „F10“, „Print screen“ i jejich break kódy.
5. Rozsviňte na klávesnici LED „Scroll Lock“ (upravte kód pro MCU).

## Zapojení úlohy:

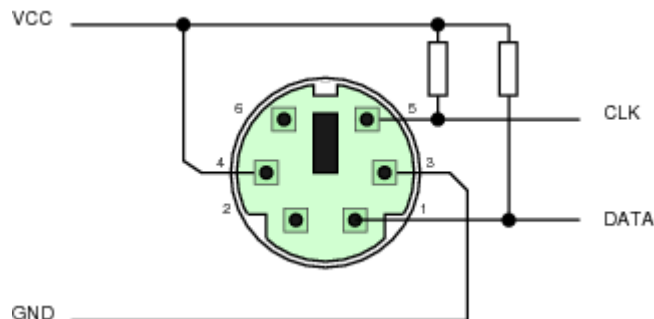
- PS/2 klávesnici připojte do konektoru JP3 (ten spodní).
- Sondy osciloskopu připojte následovně:
  - **Růžovou** sondu připojte na osciloskopu k 4. konektoru a na FITkitu k pinu č. 13 konektoru JP10 (ten úplně spodní dlouhý). Tato sonda bude přenášet signál CLK.
  - **Fialovou** sondu připojte na osciloskopu k 3. konektoru a na FITkitu k pinu č. 21 konektoru JP10. Tato sonda bude přenášet signál DATA.
  - Nezapomeňte připojit zemnicí svorky obou sond k zemnicímu pinu v pravém spodním rohu na FITkitu.
- Nastavte v menu osciloskopu spouštění časové základny pomocí sestupné hrany na 4. kanálu.
- Vhodně nastavte časovou základnu.
- Pomocí tlačítka Single je nyní možné vzorkovat jednotlivé scan kódy.

## Protokol PS/2:

PS/2 rozhraní (zkratka pochází z Personal System/2) je nízkorychlostní sériové rozhraní typu master-slave. V dnešní době se používá výhradně k připojení vstupních zařízení k PC a sice klávesnice a myši. Rozhraní umožňuje obousměrnou point-point komunikaci řízenou tzv. master (nadřazeným) zařízením s jedním (slave) zařízením připojeným ke sběrnici. Rozhraní tvoří kromě napájení pouze dva datové signály:

- **CLK (clock)** - hodinový signál, který určuje okamžik, kdy dochází k vzorkování dat. Tento signál v zásadě generuje master a jeho kmitočet se pohybuje kolem 20kHz. Pokud právě neprobíhá přenos dat, je signál ve stavu logické 1 (ve skutečnosti je ve stavu vysoké impedance, na log. 1 jej drží PULL-UP rezistor). Slave může hodinový signál stáhnout do logické 0, čímž oznamuje zařízení na druhé straně, aby neposílal další data.
- **DATA** - datový signál. Na fyzické úrovni se opět využívá otevřený kolektor a PULL-UP rezistor, neboť tento signál mohou ovládat obě komunikující strany.

Jak již bylo uvedeno výše, o řízení hodinového signálu se stará master zařízení. PS/2 protokol se vyznačuje tím, že master je nikoliv řadič uvnitř PC ale koncové zařízení (klávesnice, myš). Možnou výhodou tohoto přístupu je fakt, že periferie si sama udává tempo přenosu.

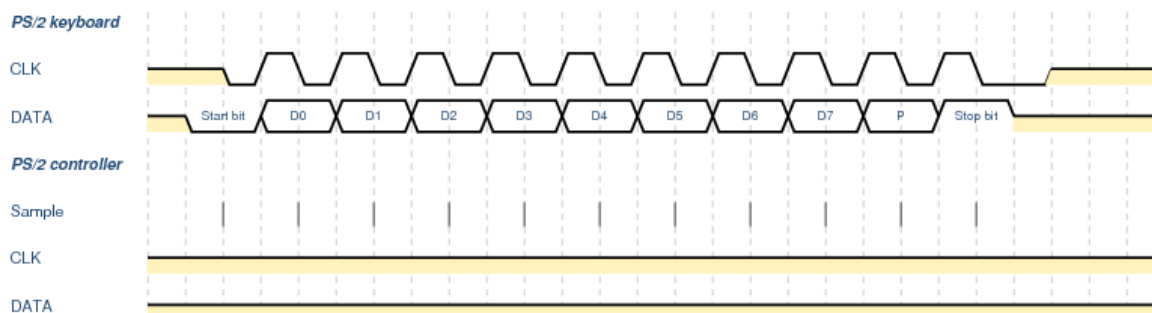


Obrázek 1: Připojení PS/2 rozhraní (pohled na konektor v PC).

Nevýhodou je obtížnější řízení a absence potvrzení správného přijetí dat při čtení. Popis kódů a příkazů, které posílá klávesnice a myš bude uveden v samostatném dokumentu věnujícím se jednotlivým zařízením. Detaily je možné nalézt v [1] a [2]. V následujících dvou odstavcích si pouze uvedeme komunikační schemata pro čtení a zápis jednoho byte.

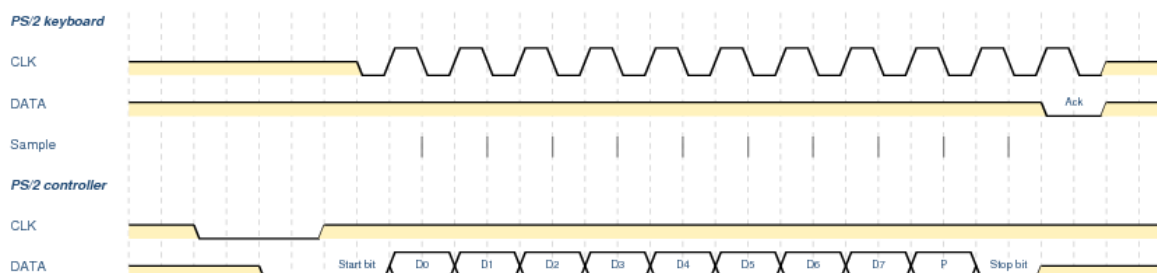
### Přenos dat z koncového zařízení

Přenos dat z koncového zařízení směrem k řadiči je oproti opačnému směru mnohem jednodušší, neboť řadič nemusí generovat žádný signál. Řadič pouze naslouchá a na sestupnou hranu hodinového signálu CLK vzorkuje signál DATA. Protokol PS/2 využívá běžný synchronní seriový osmi bitový přenos následovaný paritním bitem (lichá parita). Každý datový přenos je zahájen start bitem (log 0) a ukončen stop bitem. Byte se posílá od nejméně významného po nejvíce významový bit.



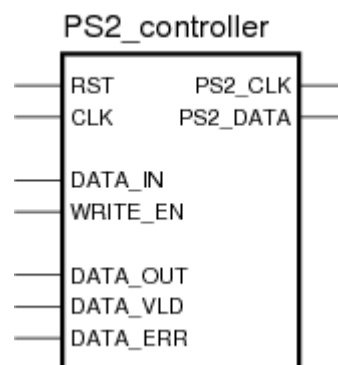
### Zápis dat do koncového zařízení

Zápis dat inicializuje řadič stáhnutím signálu DATA do logické 0. Před touto operací je však nutné alespoň p o dobu jednoho hodinového cyklu stáhnout hodinový signál CLK na logickou 0 a tím znemožnit zařízení zahájit další datový přenos. Po zahájení komunikace úvodním start bitem uvolní řadič hodinový signál, čímž informuje koncové zařízení o požadavku na generování hodinového signálu. Po přenosu všech datových bitů a paritního bitu následuje přenos stop bitu. V případě, že byl přenos úspěšný, je potvrzen koncovým zařízením (Ack).



## Implementace řadiče PS/2

PS/2 řadič je jednoduchá komponenta, která má za úkol realizovat převod sériového protokolu PS/2 na paralelní a naopak. Základem řadiče je konečný automat, který řídí veškerou činnost. Kromě automatu obsahuje řadič také čítač, který slouží k počítání počtu přijatých případně odeslaných bitů. Abychom ušetřili zdroje, používá se čítač také při zápisu do koncového zařízení, kdy slouží k určení potřebného počtu taktů (kvůli zajištění správného časování).



### Popis rozhraní PS/2 řadiče:

- **RST** : std\_logic  
Signál, který uvádí řadič do výchozího stavu
- **CLK** : std\_logic  
Hodinový signál, kterým jsou vzorkovány signály sběrnice PS/2. Aby byly dodrženy požadavky na časování, je vhodné použít hodinový signál SM\_CLK.
- **DATA\_IN**: std\_logic\_vector(7 downto 0), **WRITE\_EN**: std\_logic  
Zápis datového bytu do periferie.
- **DATA\_OUT**: std\_logic\_vector(7 downto 0), **DATA\_VLD**: std\_logic  
Data, která byla zaslána periferií. Platnost dat určuje signál DATA\_VLD.
- **DATA\_VLD** : std\_logic  
Tento signál určuje platnost dat na sběrnici DATA\_OUT a je generován poté, co dojde k přijetí datového slova z periferie. Tento signál je možné s výhodou použít pro generování žádosti o přerušení.
- **DATA\_ERR** : std\_logic  
Signál detekuje chybu při přijetí bytu. To se může stát tehdy, pokud nesouhlasí parita, případně zařízení nepotvrdilo zápis.
- **PS2\_CLK, PS2\_DATA** : std\_logic  
Signály PS/2 rozhraní.

## Sady scan kódů

Při stisku nebo uvolnění klávesy klávesnice generuje scan kód, který jednoznačně identifikuje klávesu a její stav (stisknuta, uvolněna). Existují 3 způsoby tvorby tohoto kódu, tzv. sady scan kódů.

### Sada 1

Tato sada pochází z klávesnic počítačů XT. Při stisku klávesy se odešle její kód (tzv. **make kód**). U některých kláves (na některých klávesnicích označeny šedou barvou) tvoří make kód 2 byty, přičemž první má hodnotu  $E0_h$ . Např. klávesa Enter má make kód  $1C_h$  a klávesa Enter na numerické části klávesnice má make kód  $E01C_h$ .

Při uvolnění klávesy je generován tzv. **break kód**, který se od make kódu liší jen přičtením hodnoty  $80_h$ . V případě 2 bytových kódů se nejdříve odešle hodnota  $E0_h$  a poté teprve kód klávesy s přičtenou hodnotou  $80_h$ . Pro klávesu Enter je tedy break kód  $9C_h$  a pro Enter na numerické části klávesnice  $E09C_h$ .

Výjimku tvoří klávesa *pause*, která generuje make kód E11D45E19DC5<sub>h</sub>. Break kód při uvolnění negeneruje.

## **Sada 2**

Později byla vyvinuta nová sada scan kódů, ale způsobovala problémy u starých programů. Proto se výstup z klávesnice konvertoval pomocí mikroprocesoru 8042 zpět na sadu 1. Toto řešení se používá dodnes.

Sada 2 se od sady 1 liší v jiném číslování kláves a tím i v jiných make kódech. Liší se také v break kódech, kdy místo přičítání 80<sub>h</sub> se před kódem klávesy odešle byte F0<sub>h</sub>. Proto může být v této sadě make kód větší než 127. V případě 2 bytových kódů se příznak uvolnění F0<sub>h</sub> odesílá až po prvním bytu (E0<sub>h</sub>). Make kód klávesy Enter je 5A<sub>h</sub>, break kód F05A<sub>h</sub>. Make kód numerického Enteru je E05A<sub>h</sub> a break kód E0F05A<sub>h</sub>.

Výjimku opět tvoří klávesa *pause*, která má make kód E11477E1F014F077<sub>h</sub> a break kód nemá.

## **Sada 3**

Tato sada byla vytvořena pro PS/2 klávesnice, ale téměř nikdo ji nepoužívá. Některé klávesnice ji ani nepodporují. Nebudeme se jí dále zabývat.

## **Příkazy klávesnice**

Do klávesnice lze odesílat různé příkazy. Například lze požádat o opětovné poslání posledního bytu, nastavit sadu scan kódů, rozsvěcet LED diody, nastavit opakování kláves při dlouhém stisku nebo klávesnici resetovat. Kompletní seznam příkazů naleznete v příloze.

### **Příklad komunikace - nastavení sady scan kódů**

Sadu scan kódů lze u většiny dnešních klávesnic nastavit. Provede se to odesláním bytu F0<sub>h</sub>, na který klávesnice odpoví bytem *ack* (FA<sub>h</sub>), a bytu 01<sub>h</sub>, 02<sub>h</sub> nebo 03<sub>h</sub> dle požadované sady, na který klávesnice opět odpoví bytem *ack*.

### **Reset klávesnice**

Klávesnice provede reset po připojení napájecího napětí nebo po přijetí příkazu k provedení resetu. Po resetu se provede otestování klávesnice, tzv. BAT (Basic Assurance Test). Pokud je tento test úspěšný, klávesnice odešle byte AA<sub>h</sub> (BAT successful), v případě neúspěchu odešle FC<sub>h</sub> (error).

Po resetu je nastavena sada scan kódů č. 2, prodleva před opakováním klávesy je nastavena na 500 ms a rychlost opakování klávesy je nastavena 10,9 úhozů za vteřinu.

### **Ovládání LED klávesnice**

LED na klávesnici lze libovolně rozsvěcet a zhasínat. Ovládání LED diod se provádí odesláním bytu ED<sub>h</sub> následovaného bytem obsahujícím požadované stavy LED diod, viz obr. Zapsání 1 na pozici požadované LED znamená rozsvícení, 0 znamená zhasnutí LED.

7						0	
0	0	0	0	0	Caps Lock	Num Lock	Scroll Lock

Sada 1:

KEY	MAKE	BREAK	KEY	MAKE	BREAK	KEY	MAKE	BREAK
A	1E	9E	9	0A	8A	[	1A	9A
B	30	B0	`	29	89	INSERT	E0,52	E0,D2
C	2E	AE	-	0C	8C	HOME	E0,47	E0,97
D	20	A0	=	0D	8D	PG UP	E0,49	E0,C9
E	12	92	\	2B	AB	DELETE	E0,53	E0,D3
F	21	A1	BKSP	0E	8E	END	E0,4F	E0,CF
G	22	A2	SPACE	39	B9	PG DN	E0,51	E0,D1
H	23	A3	TAB	0F	8F	U ARROW	E0,48	E0,C8
I	17	97	CAPS	3A	BA	L ARROW	E0,4B	E0,CB
J	24	A4	L SHFT	2A	AA	D ARROW	E0,50	E0,D0
K	25	A5	L CTRL	1D	9D	R ARROW	E0,4D	E0,CD
L	26	A6	L GUI	E0,5B	E0,DB	NUM	45	C5
M	32	B2	L ALT	38	B8	KP /	E0,35	E0,B5
N	31	B1	R SHFT	36	B6	KP *	37	B7
O	18	98	R CTRL	E0,1D	E0,9D	KP -	4A	CA
P	19	99	R GUI	E0,5C	E0,DC	KP +	4E	CE
Q	10	90	R ALT	E0,38	E0,B8	KP EN	E0,1C	E0,9C
R	13	93	APPS	E0,5D	E0,DD	KP .	53	D3
S	1F	9F	ENTER	1C	9C	KP 0	52	D2
T	14	94	ESC	1	81	KP 1	4F	CF
U	16	96	F1	3B	BB	KP 2	50	D0
V	2F	AF	F2	3C	BC	KP 3	51	D1
W	11	91	F3	3D	BD	KP 4	4B	CB
X	2D	AD	F4	3E	BE	KP 5	4C	CC
Y	15	95	F5	3F	BF	KP 6	4D	CD
Z	2C	AC	F6	40	C0	KP 7	47	C7
0	0B	8B	F7	41	C1	KP 8	48	C8
1	2	82	F8	42	C2	KP 9	49	C9
2	3	83	F9	43	C3	]	1B	9B
3	4	84	F10	44	C4	;	27	A7
4	5	85	F11	57	D7	'	28	A8
5	6	86	F12	58	D8	,	33	B3
6	7	87	PRNT SCRN	E0,2A, E0,37	E0,B7, E0,AA	.	34	B4
7	8	88	SCROLL	46	C6	/	35	B5
8	9	89	PAUSE	E1,1D,4 5 E1,9D, C5	-NONE-			

Key	MAKE	BREAK
Power	E0, 5E	E0, DE
Sleep	E0, 5F	E0, DF
Wake	E0, 63	E0, E3
Next Track	E0, 19	E0, 99
Previous Track	E0, 10	E0, 90
Stop	E0, 24	E0, A4
Play/Pause	E0, 22	E0, A2

Key	MAKE	BREAK
Mute	E0, 20	E0, A0
Volume Up	E0, 30	E0, B0
Volume Down	E0, 2E	E0, AE
Media Select	E0, 6D	E0, ED
E-Mail	E0, 6C	E0, EC
Calculator	E0, 21	E0, A1
My Computer	E0, 6B	E0, EB

Key	MAKE	BREAK
WWW Search	E0, 65	E0, E5
WWW Home	E0, 32	E0, B2
WWW Back	E0, 6A	E0, EA
WWW Forward	E0, 69	E0, E9
WWW Stop	E0, 68	E0, E8
WWW Refresh	E0, 67	E0, E7
WWW Favorites	E0, 66	E0, E6

**Sada 2:**

KEY	MAKE	BREAK	KEY	MAKE	BREAK	KEY	MAKE	BREAK
A	1C	F0,1C	9	46	F0,46	[	54	FO,54
B	32	F0,32	`	0E	F0,0E	INSERT	E0,70	E0,F0,70
C	21	F0,21	-	4E	F0,4E	HOME	E0,6C	E0,F0,6C
D	23	F0,23	=	55	FO,55	PG UP	E0,7D	E0,F0,7D
E	24	F0,24	\	5D	F0,5D	DELETE	E0,71	E0,F0,71
F	2B	F0,2B	BKSP	66	F0,66	END	E0,69	E0,F0,69
G	34	F0,34	SPACE	29	F0,29	PG DN	E0,7A	E0,F0,7A
H	33	F0,33	TAB	0D	F0,0D	U ARROW	E0,75	E0,F0,75
I	43	F0,43	CAPS	58	F0,58	L ARROW	E0,6B	E0,F0,6B
J	3B	F0,3B	L SHFT	12	FO,12	D ARROW	E0,72	E0,F0,72
K	42	F0,42	L CTRL	14	FO,14	R ARROW	E0,74	E0,F0,74
L	4B	F0,4B	L GUI	E0,1F	E0,F0,1F	NUM	77	F0,77
M	3A	F0,3A	L ALT	11	F0,11	KP /	E0,4A	E0,F0,4A
N	31	F0,31	R SHFT	59	F0,59	KP *	7C	F0,7C
O	44	F0,44	R CTRL	E0,14	E0,F0,14	KP -	7B	F0,7B
P	4D	F0,4D	R GUI	E0,27	E0,F0,27	KP +	79	F0,79
Q	15	F0,15	R ALT	E0,11	E0,F0,11	KP EN	E0,5A	E0,F0,5A
R	2D	F0,2D	APPS	E0,2F	E0,F0,2F	KP .	71	F0,71
S	1B	F0,1B	ENTER	5A	F0,5A	KP 0	70	F0,70
T	2C	F0,2C	ESC	76	F0,76	KP 1	69	F0,69
U	3C	F0,3C	F1	5	F0,05	KP 2	72	F0,72
V	2A	F0,2A	F2	6	F0,06	KP 3	7A	F0,7A
W	1D	F0,1D	F3	4	F0,04	KP 4	6B	F0,6B
X	22	F0,22	F4	0C	F0,0C	KP 5	73	F0,73
Y	35	F0,35	F5	3	F0,03	KP 6	74	F0,74
Z	1A	F0,1A	F6	0B	F0,0B	KP 7	6C	F0,6C
0	45	F0,45	F7	83	F0,83	KP 8	75	F0,75
1	16	F0,16	F8	0A	F0,0A	KP 9	7D	F0,7D
2	1E	F0,1E	F9	1	F0,01	]	5B	F0,5B
3	26	F0,26	F10	9	F0,09	;	4C	F0,4C
4	25	F0,25	F11	78	F0,78	'	52	F0,52
5	2E	F0,2E	F12	7	F0,07	,	41	F0,41
6	36	F0,36	PRNT SCRN	E0,12, E0,7C	E0,F0, 7C,E0, F0,12	.	49	F0,49
7	3D	F0,3D	SCROLL	7E	F0,7E	/	4A	F0,4A

8	3E	F0,3E	PAUSE	E1,14,77, E1,F0,14, F0,77	-NONE-			
---	----	-------	-------	---------------------------------	--------	--	--	--

Key	MAKE	BREAK
Power	E0, 37	E0, F0, 37
Sleep	E0, 3F	E0, F0, 3F
Wake	E0, 5E	E0, F0, 5E
Next Track	E0, 4D	E0, F0, 4D
Previous Tr.	E0, 15	E0, F0, 15
Stop	E0, 3B	E0, F0, 3B
Play/Pause	E0, 34	E0, F0, 34

Key	MAKE	BREAK
Mute	E0, 23	E0, F0, 23
Volume Up	E0, 32	E0, F0, 32
Volume D.	E0, 21	E0, F0, 21
Media Select	E0, 50	E0, F0, 50
E-Mail	E0, 48	E0, F0, 48
Calculator	E0, 2B	E0, F0, 2B
My Comp.	E0, 40	E0, F0, 40

Key	MAKE	BREAK
WWW Srch.	E0, 10	E0, F0, 10
WWW Home	E0, 3A	E0, F0, 3A
WWW Back	E0, 38	E0, F0, 38
WWW Forw.	E0, 30	E0, F0, 30
WWW Stop	E0, 28	E0, F0, 28
WWW Refr.	E0, 20	E0, F0, 20
WWW Fav.	E0, 18	E0, F0, 18

### Sada 3:

KEY	MAKE	BREAK	-----	KEY	MAKE	BREAK	-----	KEY	MAKE	BREAK
A	1C	F0,1C		9	46	F0,46		[	54	F0,54
B	32	F0,32		`	0E	F0,0E		INSERT	67	F0,67
C	21	F0,21		-	4E	F0,4E		HOME	6E	F0,6E
D	23	F0,23		=	55	F0,55		PG UP	6F	F0,6F
E	24	F0,24		\	5C	F0,5C		DELETE	64	F0,64
F	2B	F0,2B		BKSP	66	F0,66		END	65	F0,65
G	34	F0,34		SPACE	29	F0,29		PG DN	6D	F0,6D
H	33	F0,33		TAB	0D	F0,0D		U ARROW	63	F0,63
I	43	F0,48		CAPS	14	F0,14		L ARROW	61	F0,61
J	3B	F0,3B		L SHFT	12	F0,12		D ARROW	60	F0,60
K	42	F0,42		L CTRL	11	F0,11		R ARROW	6A	F0,6A
L	4B	F0,4B		L WIN	8B	F0,8B		NUM	76	F0,76
M	3A	F0,3A		L ALT	19	F0,19		KP /	4A	F0,4A
N	31	F0,31		R SHFT	59	F0,59		KP *	7E	F0,7E
O	44	F0,44		R CTRL	58	F0,58		KP -	4E	F0,4E
P	4D	F0,4D		R WIN	8C	F0,8C		KP +	7C	F0,7C
Q	15	F0,15		R ALT	39	F0,39		KP EN	79	F0,79
R	2D	F0,2D		APPS	8D	F0,8D		KP .	71	F0,71
S	1B	F0,1B		ENTER	5A	F0,5A		KP 0	70	F0,70
T	2C	F0,2C		ESC	8	F0,08		KP 1	69	F0,69
U	3C	F0,3C		F1	7	F0,07		KP 2	72	F0,72
V	2A	F0,2A		F2	0F	F0,0F		KP 3	7A	F0,7A
W	1D	F0,1D		F3	17	F0,17		KP 4	6B	F0,6B
X	22	F0,22		F4	1F	F0,1F		KP 5	73	F0,73
Y	35	F0,35		F5	27	F0,27		KP 6	74	F0,74
Z	1A	F0,1A		F6	2F	F0,2F		KP 7	6C	F0,6C
0	45	F0,45		F7	37	F0,37		KP 8	75	F0,75
1	16	F0,16		F8	3F	F0,3F		KP 9	7D	F0,7D

2	1E	F0,1E		F9	47	F0,47		]	5B	F0,5B
3	26	F0,26		F10	4F	F0,4F		;	4C	F0,4C
4	25	F0,25		F11	56	F0,56		'	52	F0,52
5	2E	F0,2E		F12	5E	F0,5E		,	41	F0,41
6	36	F0,36		PRNT SCRN	57	F0,57		.	49	F0,49
	3D	F0,3D		SCROLL	5F	F0,5F		/	4A	F0,4A
8	3E	F0,3E		PAUSE	62	F0,62				