

1 SchemeIBPME

This scheme is applicable to symmetric and asymmetric groups of prime orders.

1.1 Setup() \rightarrow (*mpk*, *msk*)

```

 $q \leftarrow \|\mathbb{G}\|$ 
 $g \leftarrow 1_{\mathbb{G}_1}$ 
 $\hat{g} \leftarrow 1_{\mathbb{G}_2}$ 
generate  $s, \alpha, \beta_0, \beta_1 \in \mathbb{Z}_r$  randomly
 $g_1 \leftarrow g^\alpha$ 
 $f \leftarrow g^{\beta_0}$ 
 $\hat{f} \leftarrow \hat{g}^{\beta_0}$ 
 $h \leftarrow g^{\beta_1}$ 
 $\hat{h} \leftarrow \hat{g}^{\beta_1}$ 
 $H : \mathbb{G}_T \rightarrow \mathbb{Z}_r$ 
 $H_1 : \{0, 1\}^* \rightarrow \mathbb{G}_1$ 
 $H_2 : \{0, 1\}^* \rightarrow \mathbb{G}_2$ 
 $H_3 : \mathbb{G}_T \rightarrow \mathbb{Z}_r$ 
 $H_4 : \{0, 1\}^\lambda \times \mathbb{G}_T^2 \times \mathbb{G}_1^2 \rightarrow \{0, 1\}^\lambda$ 
 $H_5 : \{0, 1\}^\lambda \times \mathbb{G}_T^2 \times \mathbb{G}_1^2 \rightarrow \{0, 1\}^\lambda$ 
 $H_6 : \mathbb{G}_T \rightarrow \{0, 1\}^{3\lambda}$ 
 $H_7 : \mathbb{G}_T \rightarrow \{0, 1\}^{2\lambda}$ 
 $mpk \leftarrow (g, \hat{g}, g_1, f, h, \hat{f}, \hat{h}, H, H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7)$ 
 $msk \leftarrow (s, \alpha)$ 
return (mpk, msk)

```

1.2 SKGen(σ) \rightarrow *ek* $_\sigma$

```

 $ek_\sigma \leftarrow H_1(\sigma)^s$ 
return ek $_\sigma$ 

```

1.3 RKGen(ρ) \rightarrow *dk* $_\rho$

```

 $d_1 \leftarrow H_2(\rho)^s$ 
 $d_2 \leftarrow H_2(\rho)^\alpha$ 
 $dk_\rho \leftarrow (d_1, d_2)$ 
return dk $_\rho$ 

```

1.4 PKGen(*dk* $_\rho$, σ) \rightarrow *pdk* $_{\rho, \sigma}$

```

generate  $y \leftarrow \mathbb{Z}_r$  randomly
 $\eta \leftarrow e(H_1(\sigma), d_1)$ 
 $y_1 \leftarrow d_2^{H_3(\eta)} (\hat{f} \hat{h}^{H(\eta)})^y$ 
 $y_2 \leftarrow \hat{g}^y$ 
 $pdk_{(\rho, \sigma)} \leftarrow (y_1, y_2)$ 
return pdk $_{(\rho, \sigma)}$ 

```

1.5 $\text{Enc}(ek_\sigma, id_2, m) \rightarrow C$

generate $r \in \mathbb{Z}_r$ randomly
 $\eta \leftarrow e(ek_\sigma, H_2(\rho))$
 $K_R \leftarrow e(g_1, H_2(\rho))^{r \cdot H_3(\eta)}$
 $C_1 \leftarrow g^r$
 $C_2 \leftarrow (fh^{H(\eta)})^r$
 $K_C \leftarrow H_4(m, \eta, K_R)$
 $Y \leftarrow H_5(m, K_C, K_R, C_1, C_2)$
 $C_3 \leftarrow (m || K_C || Y) \oplus H_6(K_R)$
 $C \leftarrow (C_1, C_2, C_3)$
return C

1.6 $\text{ProxyDec}(pdk, C) \rightarrow CT$

$K_R \leftarrow e(C_1, y_1) / e(C_2, y_2)$
 $m || K_C || Y \leftarrow C_3 \oplus H_6(K_R)$
if $Y = H_5(m, K_C, K_R, C_1, C_2)$ **then**
 $CT_1 \leftarrow C_1$
 $CT_2 \leftarrow (m || K_C) \oplus H_7(K_R)$
 $CT \leftarrow (CT_1, CT_2)$
else
 $CT \leftarrow \perp$
end if
return CT

1.7 $\text{Dec}_1(dk_\rho, \sigma, C) \rightarrow m$

$\eta \leftarrow e(H_1(\sigma), d_1)$
 $K_R \leftarrow e(C_1, d_2^{H_3(\eta)})$
 $m || K_C || Y \leftarrow C_3 \oplus H_6(K_R)$
if $K_C \neq H_4(m, \eta, K_R) \vee Y \neq H_5(m, K_C, K_R, C_1, C_2)$ **then**
 $m \leftarrow \perp$
end if
return m

1.8 $\text{Dec}_2(dk_\rho, \sigma, CT) \rightarrow m'$

$\eta \leftarrow e(H_1(\sigma), d_1)$
 $K_R \leftarrow e(C_1, d_2^{H_3(\eta)})$
 $m || K_C \leftarrow CT_2 \oplus H_7(K_R)$
if $K_C \neq H_4(m, \eta, K_R)$ **then**
 $m \leftarrow \perp$
end if
return m